

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE**  
**INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**



**PROYECTO DE TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE**  
**INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES**  
**“DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PARA RIEGO TECNIFICADO Y SU**  
**INTERFAZ EN UN SCADA PARA EL FUNDO DE F&F SERVICIOS**  
**ASOCIADOS SAC”**

**AUTORES:**

**Bach. GARCIA CUNIA EDIEBRAHAM**

**Bach. CRUZ CARNERO ILVEN**

**ASESOR:**

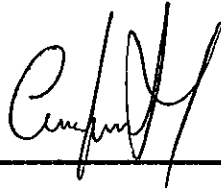
**ING. EDWIN ARNALDO OCAS INFANTE**

**PERÚ-PIURA**

**2015**

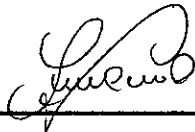
**DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PARA  
RIEGO TECNIFICADO Y SU INTERFAZ  
EN UN SCADA PARA EL FUNDO DE F&F  
SERVICIOS ASOCIADOS SAC.**

## **RESPONSABLES DEL DESARROLLO DE LA TESIS**



---

**Ediebraham García Cunia**  
**Bachiller**



---

**Ilven Cruz Carnero**  
**Bachiller**



---

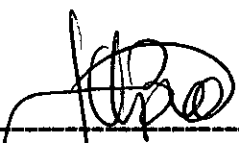
**Ing. Edwin Arnaldo Ocas Infante**  
**Docente Asesor**

**JURADO CALIFICADOR DE TESIS DENOMINADA**

**DISEÑO DE AUTOMATIZACIÓN PARA RIEGO**

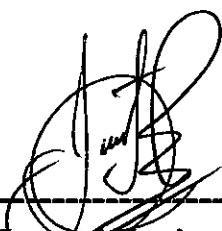
**TECNIFICADO Y SU INTERFAZ EN UN SCADA PARA EL**

**FUNDO DE F&F SERVICIOS ASOCIADOS SAC.**



---

**Ing. Franklin Barra Zapata**  
**Presidente**



---

**Ing. Juan Manuel Jacinto Sandoval**  
**Secretario**



---

**Ing. Miguel Ángel Panduro Alvarado**  
**Vocal**

## DEDICATORIAS

---

*A Dios, y a mis Padres, quienes han sido guía y  
el apoyo para poder llegar a este punto de mi  
carrera. Que con su ejemplo y dedicación nunca  
dejaron de apoyarme aun cuando todo se  
complicaba.*

*Ediebraham García C.*

---

---

*Esta tesis está dedicada a Dios quién supo guiarme por el buen camino, darme fuerzas para seguir adelante y no desmayar ante las dificultades que se presentaban, enseñándome a encarar las adversidades sin perder nunca la paciencia ni desfallecer en el intento. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, y por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar.*

*Ilven Cruz C.*

---

## **AGRADECIMIENTOS**

El presente trabajo de tesis primeramente agradecemos a Dios por permitirnos un logro más en nuestra vida.

A nuestros Padres, quienes nos suministraron una educación, que sin ella, esta tesis nunca se hubiera efectuado.

A la Universidad Nacional de Piura, por darnos la oportunidad de estudiar y ser profesionales de dicha institución.

También agradecemos a nuestros profesores, porque durante toda nuestra carrera han aportado sus conocimientos, y experiencia para nuestra formación profesional.

Ediebraham García Cunia

Ilven Cruz Carnero

## **RESUMEN**

El presente estudio tiene por objetivo diseñar un sistema automatizado de supervisión, control y Adquisición de variables físicas tales como humedad y control de volumen de agua utilizando una interfaz SCADA, para la empresa fundo de F&F SERVICIOS ASOCIADOS SAC, Con el fin de tecnificar su riego.

Para ello se ha investigado detalladamente las características técnicas, costos y requerimientos de cada una de las tecnologías disponibles que se podrían utilizar en este tipo de automatización. Tomando como alternativa para el diseño el uso de microcontroladores, ya que brindan gran control, flexibilidad y sus precios son relativamente bajos.

A continuación se ha realizado el análisis y diseño de los dispositivos que iban a formar parte de este sistema en este caso sensores de humedad, sensores de ultrasonido, electrobombas, válvulas motorizadas, unidades terminales e interfaz gráfica de usuario.

En el diseño de los circuitos electrónicos se ha tomado en cuenta las características técnicas de cada uno de los elementos que se han utilizado. Así mismo, el entorno grafico de usuario debía ser fácil de comprender, con instrucciones sencillas y específicas para cada uno de los procesos y ordenes que debe ejecutar el operador.



Para finalizar se ha elaborado un análisis de costos y requerimientos de sistema, así como también un análisis costo, beneficio del proyecto. Como resultado de estos estudios, se ha podido determinar que este proyecto es factible, debido a que el costo es acorde a la realidad de la empresa y será beneficiada en gran parte, ya que no solamente se lograra tecnificar el riego, sino también ofrecería otras ventajas, tales como la optimización de los recursos que se emplean en el sistema de riego.

# INDICE

<b>PRESENTACIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO I INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
1.1 Descripción del Proceso	4
1.2 Breve descripción del estudio	5
1.3 Descripción del Diagrama	8
1.3.1 Diagrama de bloques del sistema	10
1.4 Descripción de los Procesos	12
<b>CAPITULO II ANTECEDENTES</b>	<b>14</b>
2.1 Antecedentes en Europa	15
2.1.1 Implementación de tuberías porosas	15
2.1.2 Micro tubos	17
2.1.3 SIMJA BLAS	17
2.2 Antecedentes en Estados Unidos y Latinoamérica	19
2.2.1 Estados unidos	19
2.2.2 Latinoamérica	20
2.2.3 Antecedentes en Perú y en la Región Piura	22

<b>2.3</b>	<b>Primeros estudios de riego tecnificado</b>	<b>23</b>
<b>2.3.1</b>	<b>Sistema de riego por exudación</b>	<b>26</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Sistema de riego por impulsos o intermitente</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Sistema de riego por aspersión</b>	<b>28</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Sistema de riego con mangas</b>	<b>29</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Sistema de riego por goteo</b>	<b>30</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Sistema de riego por micro aspersión</b>	<b>31</b>
<b>2.3.7</b>	<b>Sistema de riego multicompuertas</b>	<b>32</b>
<b>2.4</b>	<b>Sensor de Ultrasonido</b>	<b>33</b>
<b>2.5</b>	<b>Sensor de Humedad Resistivo</b>	<b>34</b>
<b>2.6</b>	<b>Válvula Motorizada</b>	<b>36</b>
<b>2.6.1</b>	<b>Motor</b>	<b>37</b>
<b>2.6.2</b>	<b>Sensor de Torque y Límite</b>	<b>37</b>
<b>2.6.3</b>	<b>Engranaje</b>	<b>37</b>
<b>2.6.4</b>	<b>Válvula</b>	<b>38</b>
<b>2.6.5</b>	<b>Operación Manual</b>	<b>38</b>
<b>2.6.6</b>	<b>Control del Actuador</b>	<b>38</b>

2.6.7	Conexión Eléctrica	39
2.6.8	Conexión Bus Campo	39
2.7	Microcontrolador	39
2.8	Visual Basic 2010	40
2.9	Planteamiento y Justificación del Problema	42
2.10	SCADA	44
2.10.1	Requerimientos Principales de un SCADA	46
2.10.2	Esquema Básico de un Sistema SCADA	47
2.10.3	Funciones Principales	49
2.10.4	Elementos Básicos de un Sistema SCADA	51
2.10.5	Introducción al sistema SCADA / HMI	53
2.10.6	Definición y uso de SCADA	54
2.10.7	Interfaz Hombre- Máquina (HMI)	55
2.10.8	Comunicación industrial	56

## **CAPITULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN-----57**

### **3.1 Metodología-----58**

### **3.2 Descripción de la realidad problemática-----59**

### **3.3 Definición del problema-----60**

### **3.4 Formulación del Problema-----60**

### **3.5 Objetivos-----61**

### **3.6 Importancia y Justificación del Estudio-----62**

### **3.7 Viabilidad del Estudio-----62**

## **CAPÍTULO IV INGENIERÍA DE DISEÑO-----63**

### **4.1 Esquema global del sistema planteado-----64**

#### **4.1.1 Diagrama de bloques del sistema de Adquisición de Datos y**

##### **Control de actuadores-----64**

#### **4.1.2 Diagrama de bloques del Hardware del Sistema-----65**

### **4.2 Diseño del hardware del sistema-----66**

#### **4.2.1 Comparación de microcontroladores-----66**

##### **4.2.1.1 Microcontrolador PIC16F877A-----67**

##### **4.2.1.2 Microcontrolador PIC16F628A-----69**

4.2.1.3 Microcontrolador ATMEGA32	71
4.2.2 Diseño de la tarjeta principal	73
4.2.3 Características de la tarjeta principal	74
4.2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos de humedad y ultrasonido	75
4.2.4.1 Sensor de Humedad HL – 69	75
4.2.4.2 Sensor de Ultrasonido	77
4.2.5 Comparación de válvulas motorizadas para riego	80
4.2.5.1 Válvula mariposa motorizada	80
4.2.6 Diseño de la conexión de las válvulas motorizadas para las areas de cultivo	82
4.2.7 Circuitos integrados convertidores USB/Serial	84
4.2.7.1 Prolific PL-2303	84
4.2.7.2 FTDI232RL USB UART	86
4.2.8 Diseño del hardware USB/SERIAL para el microcontrolador	88
4.2.9 Diseño del control de la electrobomba	88
4.2.9.1 Electrobomba Centrifuga 3HP Monofasica	89
4.2.9.2 Conexión de la tarjeta principal a la electrobomba	92
4.2.9.3 Hardware de control de electrobomba y válvulas motorizadas	92

<b>4.3</b>	<b>DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA</b>	<b>93</b>
4.3.1	Lenguajes de programación	93
4.3.1.1	BASIC	93
4.3.1.2	Programación Orientada a Objetos	95
4.3.3	Programa en Visual Studio 2010	97
4.3.3.1	Diagrama de flujo del programa	97
<b>4.4</b>	<b>ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA Y COMUNICACIÓN DE</b>	
	<b>SENSORES</b>	<b>98</b>
4.4.1	Alimentación del sistema	98
4.4.2	Comunicación de sensores	100
	 <b>CAPITULO V ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS</b>	 <b>102</b>
5.1	viabilidad de la investigación	103
	 <b>CAPITULO VI RESULTADOS</b>	 <b>105</b>
6.1	Resultados del proceso	106
6.1.1	Simulación del proceso	106
6.1.2	Esquemático de los relés de control	107
6.1.3	Board de los relés de control	108
6.1.4	Diseño general del sistema de riego	108
6.1.5	Pantallazo del Scada	109

<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>110</b>
<b>ANEXO</b>	<b>111</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>113</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>114</b>



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.2: Vista del terreno a utilizar para el proyecto.</b>	<b>5</b>
<b>Figura 1.3: Elementos que conforman un sistema de riego tecnificado.</b>	<b>9</b>
<b>Figura 1.3.1: Diagrama de bloques del sistema.</b>	<b>11</b>
<b>Figura 2.1.1: Ejemplo de una tubería porosa.</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2.1.2: Ejemplo de microtubos.</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.3.1: Ejemplo de un sistema de riego por exudación.</b>	<b>26</b>
<b>Figura 2.3.2: Ejemplo de sistema de riego por impulsos.</b>	<b>27</b>
<b>Figura 2.3.3: Ejemplo de sistema de riego por aspersión.</b>	<b>28</b>
<b>Figura 2.3.4: Ejemplo de un sistema de riego utilizando mangas plásticas.</b>	<b>29</b>
<b>Figura 2.3.5: Ejemplo de un sistema de riego por goteo.</b>	<b>30</b>
<b>Figura 2.3.6.1: Ejemplo de un sistema de riego por microaspersión.</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.3.6.2: Ejemplo de un emisor de riego por microaspersión.</b>	<b>31</b>
<b>Figura 2.3.7: Ejemplo de un sistema de riego por multicompuertas.</b>	<b>32</b>
<b>Figura 2.4: Ejemplo de un sensor de ultrasonido Arduino.</b>	<b>34</b>
<b>Figura 2.5: Ejemplo de un sensor de humedad resistivo.</b>	<b>35</b>
<b>Figura 2.6: Ejemplo de la estructura interna de una válvula motorizada.</b>	<b>36</b>

<b>Figura 2.8: Logo de visual Basic 2010.</b>	<b>41</b>
<b>Figura 2.10.2: Esquema básico de un sistema SCADA.</b>	<b>47</b>
<b>Figura 2.10.7: Dispositivos HMI.</b>	<b>55</b>
<b>Figura 2.10.8: Representación piramidal en un entorno industrial.</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4.1.1: Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos y control de actuadores.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 4.1.2: Diagrama de bloques del hardware del sistema.</b>	<b>65</b>
<b>Figura 4.2.1.1: Descripción de pines del PIC16F877.</b>	<b>67</b>
<b>Figura 4.2.1.2: Descripción de pines del PIC16F628.</b>	<b>70</b>
<b>Figura 4.2.1.3: Pines del microcontrolador ATmega32</b>	<b>71</b>
<b>Figura 4.2.2: Microcontrolador ATmega32 elegido para el diseño.</b>	<b>73</b>
<b>Figura 4.2.3: Diseño de la tarjeta principal.</b>	<b>74</b>
<b>Figura 4.2.4: Sistema de adquisición de datos representado en bloque.</b>	<b>75</b>
<b>Figura 4.2.4.1: Aspecto físico del sensor de humedad de suelo.</b>	<b>77</b>
<b>Figura 4.2.5.1: Diagrama de válvulas de dos y tres vía.</b>	<b>80</b>
<b>Figura 4.2.5.2: Válvulas motorizadas desmontables.</b>	<b>82</b>
<b>Figura 4.2.6.1: Válvula motorizada para riego de una área de cultivo.</b>	<b>83</b>
<b>Figura 4.2.6.2: Circuito de control de válvulas motorizadas.</b>	<b>83</b>
<b>Figura 4.2.7.1(a): Circuito integrado Prolific PL-2303.</b>	<b>84</b>

<b>Figura 4.2.7.1 (b): Pines del Prolific PL-2303.</b>	<b>85</b>
<b>Figura 4.2.7.2 (a): Circuito integrado FTDI232RL.</b>	<b>86</b>
<b>Figura 4.2.7.2 (b): Pines del FTDI232RL.</b>	<b>87</b>
<b>Figura 4.2.7.2 (c): Configuración recomendada para el FTDI232RL.</b>	<b>87</b>
<b>Figura 4.2.8: Hardware USB/SERIAL con circuito integrado FTDI232RL.</b>	<b>88</b>
<b>Figura 4.2.9.1: Electrobomba GAMMA 3HP.</b>	<b>91</b>
<b>Figura 4.2.9.5: Electrobomba conectada a tarjeta maestra.</b>	<b>92</b>
<b>Figura 4.2.10.1: Control de electrobomba y válvula motorizada.</b>	<b>92</b>
<b>Figura 4.3.3.1: Diagrama de flujo del programa principal.</b>	<b>97</b>
<b>Figura 4.4.1 (a): Panel solar.</b>	<b>98</b>
<b>Figura 4.4.1 (b): banco de baterías.</b>	<b>98</b>
<b>Figura 4.4.1 (c): Inversor de corriente.</b>	<b>99</b>
<b>Figura 4.4.1 (d): Regulador de corriente.</b>	<b>99</b>
<b>Figura 4.4.1 (e): Esquema de sistema de energía solar.</b>	<b>100</b>
<b>Figura 4.4.2: Transmisor ATC-873.</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 5.1.1: Presupuesto aproximado de la automatización del sistema de riego.</b>	<b>103</b>
<b>Figura 6.1.1: Simulación del proceso de control para accionar la electrobomba.</b>	<b>105</b>

<b>Figura 6.1.2: Esquemático de los relés de control.</b>	<b>106</b>
<b>Figura 6.1.3: Board de los relés de control.</b>	<b>107</b>
<b>Figura 6.1.4: Simulación de la tarjeta principal.</b>	<b>107</b>
<b>Figura 6.1.5: Vista del software de visualización y control remoto del sistema.</b>	<b>108</b>

## PRESENTACIÓN

En esta primera parte del trabajo se presentan diversos puntos que son de gran importancia para comenzar con el desarrollo de nuestro proyecto siendo este el objetivo final, en el cual indicaremos más adelante, que es lo que se plantea hacer y para qué, así también se da a conocer una justificación del tema, dando a conocer los diferentes aspectos que se dieron para la selección del mismo.

Adicionalmente se habla de los primeros sistemas de riego que existieron y como fueron evolucionando hasta nuestros días, se menciona el funcionamiento del sistema de riego actual, esto con la finalidad de ver cada una de las partes que componen el sistema, así también se habla de la problemática existente actualmente en los mismos.

Con base al funcionamiento y a los problemas existentes con los sistemas de riego que se tiene actualmente, se propone la automatización mediante determinados instrumentos con los cuales se pretende la racionalización de agua, tiempos y demás acciones presentes en estos sistemas, teniendo como objetivo economizar los consumos de agua primordialmente.

Optimizando el proceso de riego tecnificado, mencionamos los beneficios del proyecto a realizar para la empresa F&F SERVICIOS ASOCIADOS SAC, a la cual le estamos presentando un diseño viable y de bajo costo, y por, sobre todo, cuyo estudio-beneficio a rescatar, es mantener la adecuada racionalización de agua, evitando el desperdicio de la misma.

Se presenta el desarrollo de la parte de la comunicación entre la información que nos darán los sensores de humedad y la del ultrasonido una vez implementados, cada uno cumpliendo con su función específica, se elaborara la programación que incluye el diseño de un programa que va a monitorear y controlar el proceso, en este caso en el sistema de riego, formará parte del proceso para darle lectura y visualización. Luego la trama de datos serán enviados a una computadora y serán guardados en la base de datos. Resumiendo, en corto, habrá comunicación entre los dispositivos de campo y nuestra computadora.

Se lleva a cabo un análisis de costos para determinar el costo total del proyecto, tomando en cuenta todos los materiales necesarios. Al final se describe lo que se obtuvo como resultado en el diseño de la automatización del riego tecnificado, así también se describen las conclusiones y se dan recomendaciones para trabajos futuros, es decir lo que se le pueda adicionar al proyecto en un futuro.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

## 1.1 Descripción del Proceso

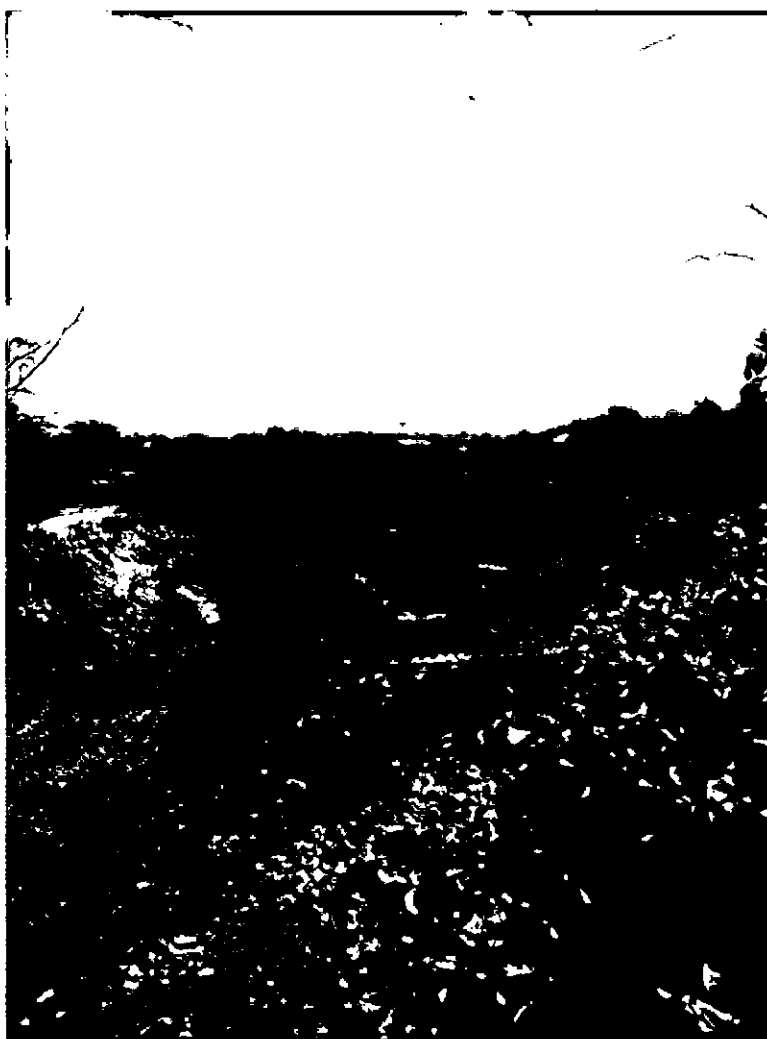
Para el control del riego tecnificado intervienen elementos electromecánicos como bombas, válvulas, sensores de humedad, goteros, mangueras de polietileno etc. Cuya función en conjunto es tener un sistema que automáticamente monitoree y controle el proceso de riego.

Mediante el sensor medimos la variable de interés del proceso llamada “variable de proceso”, en este caso nuestra variable de proceso es la humedad del suelo, esta información es enviada a un controlador que compara esta señal con una de referencia o Set Point (lo que se desea obtener), para así tomar una acción de control sobre un actuador, en este caso sobre una electro válvula que se abrirá o cerrará de acuerdo con lo que le indique la señal de control y modificar el valor de la variable manipulada, en este caso el flujo de agua.



## 1.2 Breve Descripción del estudio

El lugar utilizado para la investigación y posible realización de nuestro proyecto se realizara en las instalaciones de desarrollo de tecnologías F&F Servicios Asociados SAC ubicado en la urbanización Micaela Bastidas Mz A3 Lt 47 IV distrito 26 de octubre, provincia de Piura, en el departamento de Piura-Perú.



*Figura 1.2: Vista del terreno a utilizar para el proyecto.*

El riego tecnificado con interfaz en un SCADA consiste en el empleo de alguna técnica que permita esencialmente ahorrar agua en el proceso de riego. Permite obtener 3 características fundamentales para un riego exitoso:

Riego oportuno: Reconocer cuando las plantas necesitarán agua para iniciar el riego.

Riego uniforme: Que no falte ni sobre agua en ninguna parte del campo.

Riego eficiente: Aplicar la cantidad adecuada de agua.

Un sistema capaz de manejar varias instrucciones y responder rápidamente ejecutando tareas asignadas, tales como, lectura de porcentajes de humedad, activas válvulas motorizadas y mantener el llenado de un tanque elevado con la cantidad optima de agua mediante una electrobomba trabajando a conjunto con un sensor de ultrasonido.

Es una gran herramienta que nos permite tener un control adecuado sobre los recursos naturales, el agua es uno de ellos y podemos utilizar la menor cantidad de este recurso en el proceso de riego.

En el Perú el riego tecnificado no es tan difundido, sólo un pequeño porcentaje de los agricultores aplican estas técnicas a sus campos de cultivo, y menos difundido es aún el riego tecnificado, controlado y automatizado.

Como en todo proceso de control, implica la interacción entre sensores, actuadores y controladores para poder llevar el proceso en forma automática hacia un nivel óptimo.

Intervienen también elementos como bombas, válvulas, sensores de humedad, sensor de ultrasonido cuya función en conjunto es tener un sistema que automáticamente controle el proceso de riego.

El objetivo principal es optimizar la utilización de recursos y beneficiarse económicamente. Con el complemento de la tecnología se puede llegar a un nivel bastante más avanzado y esto se puede lograr utilizando técnicas de control que permitan la interacción de elementos eléctricos y mecánicos cuya función principal es la de responder a las especificaciones técnicas de nivel de humedad, y cantidad de agua que se requieren para mantener las variables del proceso en un nivel adecuado.

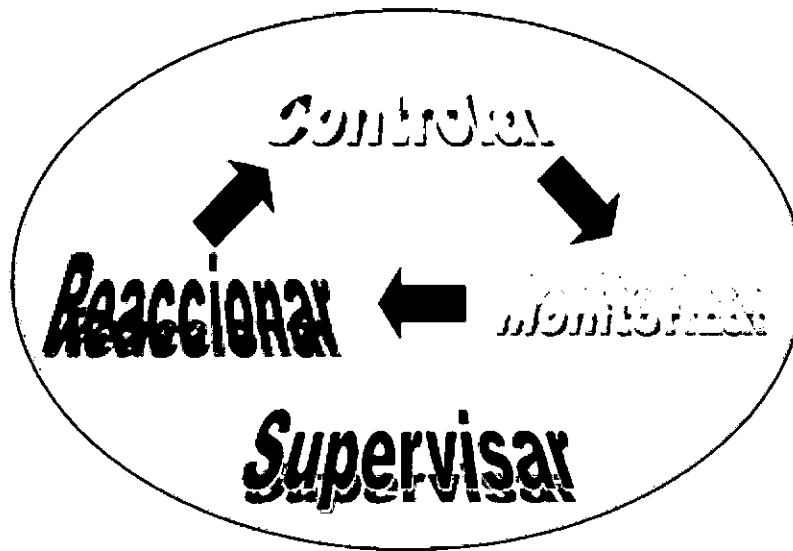
### 1.3 Descripción en Diagrama

Para iniciar el diseño del sistema SCADA de control de humedad, se lo va a dividir en varias partes, las mismas que se desarrollarán de la siguiente manera:

1. Esquema general del sistema SCADA
2. Selección y acondicionamiento de sensores
3. Selección de actuadores
4. Diseño de circuitos electrónicos de control y potencia
5. Diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario
6. Requerimientos del sistema y costos
7. Análisis Costo – Beneficio

Para entender la automatización en los sistemas de riego, te mostramos de una manera básica y sencilla el siguiente diagrama, de manera representativa, en la siguiente figura 1.3. Observamos los elementos principales que lo conforman.

- Supervisión
- Control
- Monitorización
- Reacción.



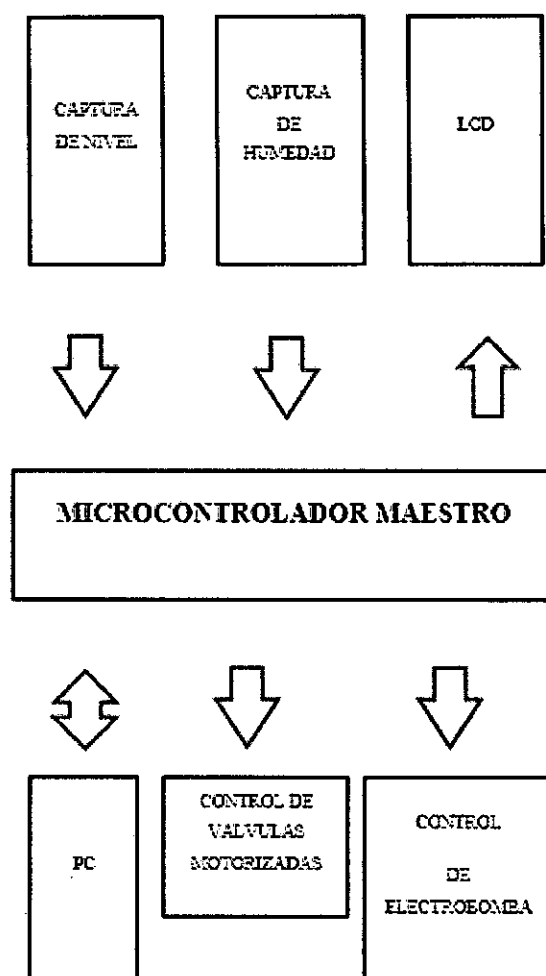
*Figura 1.3: Elementos que conforman un sistema de riego tecnificado.*

Para poder realizar el diseño de este sistema SCADA hay que tomar en cuenta varios parámetros fundamentales, entre los que podemos destacar la unidad terminal maestra (MTU), la unidad terminal remota (RTU) y los dispositivos de campo (sensores y actuadores, etc.). La unidad terminal maestra está compuesta por un computador principal, el cual, a través de su interfaz hombre máquina cumple con la función de supervisión y recolección de la información de la terminal remota.

La RTU sirve para recopilar datos para transmitirlos hacia la terminal maestra. Esta unidad terminal remota posee entradas para la medición de las variables dentro de los procesos y salidas para control y puerto de comunicaciones.

Los dispositivos de campo que se utilizan para este sistema son; sensores de humedad, actuadores, los mismos que cumplen un papel importante, ya que son los encargados de realizar la adquisición de los datos que se tienen en cada proceso. La comunicación que se va a utilizar es mediante el puerto serial, de tal manera que se torne más sencillo el manejo y control de los datos recopilados mediante los sensores, es decir, la comunicación entre un computador y el microcontrolador maestro.

### 1.3.1 Diagrama de bloques del sistema



*Figura 1.3.1: Diagrama de bloques del sistema.*

## 1.4 Descripción de los procesos

- Captura de humedad.
- Captura de nivel con sensor ultrasónico
- Visualizador LCD.
- Micro controlador de control de válvulas motorizadas.
- Activación de electrobomba.
- Envío de datos a la computadora.

Los sistemas SCADA brindan un gran beneficio a las empresas que cuentan con este tipo de tecnología, ya que son muy útiles para el control de los procesos y el mejoramiento de la productividad dentro de las mismas.

Con el diseño de este sistema SCADA se pretende como objetivo fundamental la tecnificación de los procesos en la producción permitiendo que se pueda manejar, controlar y vigilar estos parámetros de forma sistemática y organizada.

De forma específica, el estudio que se propone a continuación pretende mejorar el control de humedad, control de válvulas motorizadas y electrobomba. Una Ventaja entre las cuales podemos mencionar es el monitoreo en tiempo real de la humedad.



El sensor de ultrasonido se utilizara como componente primario y esencial para la activación de una electrobomba.

El llenado de un tanque se realizara cada vez que se haga una captura de nivel de agua, cada vez que este se encuentre bajo, obviamente el nivel de agua estará parametrizado, valga la redundancia todo este proceso, se hará, de manera automática, trabajando a conjunto.

El envío de datos se hará de manera sistematizada hacia una computadora donde se guardaran.

## **CAPITULO II**

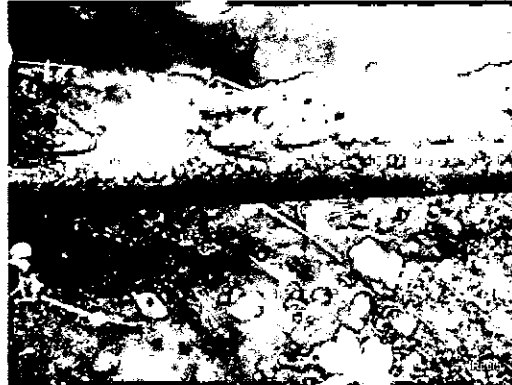
### **ANTECEDENTES**

## **2.1 Antecedentes en Europa**

**2.1.1 Implementación de tuberías porosas (Alemania, 1860).** Este sistema de riego que aplica el agua de forma continua mediante un tubo poroso que exuda agua en toda su longitud y en la totalidad o parte de su superficie dependiendo del fabricante. El agua exudada a través de los pequeños poros de la pared del tubo poroso produce una banda de humedad continua, ancha y uniforme en toda la longitud de las líneas de riego.

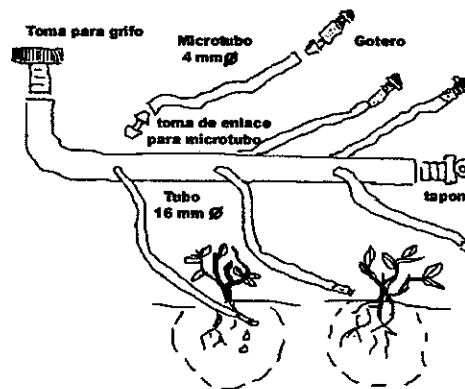
La principal ventaja del sistema de riego por exudación frente a otros sistemas de riego eficientes como el goteo, es que en este sistema el mecanismo que hace fluir el agua desde el tubo hasta el sustrato es el gradiente de humedad lo que significa que conforme el sustrato de alrededor del tubo se va secando éste emana agua que la sustituya. Por tanto las evaporaciones son mínimas y sólo se suministra el agua necesaria con mucha precisión sean cuales sean los requerimientos hídricos de nuestra plantación ya que es el sistema planta-suelo-clima el que por sí mismo se regula.

Cuando los tubos son enterrados aumenta la eficiencia del sistema reduciendo las pérdidas por evaporación y optimizando la superficie de contacto suelo-tubo y reduciendo también el lavado de nutrientes ya que podemos profundizar más o menos los tubos en función del tipo de planta y aportar humedad en las zonas donde las raíces toman en mayor medida agua y nutrientes.



*Figura 2.1.1: Ejemplo de una tubería porosa.*

**2.1.2 Micro tubos (Inglaterra, después de la 2<sup>da</sup> guerra mundial).** Los goteros por microtubo consiste en un tubo de polietileno, de pequeño diámetro, entre 0.6 a 2 mm, y de longitud variable, el que se inserta directamente al lateral del riego. Posee la ventaja de bajo costo, pero la desventaja de ser muy sensibles a los cambios de temperatura y presión afectando a la uniformidad de la entrega del caudal, propenso a las obturaciones y depender el caudal de salida del largo del microtubo.



*Figura 2.1.2: Ejemplo de microtubos.*

**2.1.3 SIMJA BLAS (Israel ,1964).** Aunque Israel pertenece al continente asiático, hablaremos de sus aporte al sistema de riego tecnificado.

La idea del riego por goteo, nació en los años 30 cuando un conocido hidrólogo (Simjá Blass) se percató del desarrollo de un toronjo que crecía junto a un caño de agua que goteaba. Pero en el 60, con la aparición de tubos y cañerías se concretó el suministro de agua a presión, de acuerdo a la demanda del cultivo.

Esta técnica generó nuevos avances, como la quimización, la inyección de nutrientes y pesticidas al sistema de riego, directamente a la zona radicular (pie de cada planta).

El riego por goteo, redujo la expansión de las malezas y permitió usar agua salobre para riego.

Israel difundió al mundo la idea del riego por goteo y fijó un nuevo patrón de exactitud y eficiencia en el suministro de agua y nutrientes a los cultivos y de acuerdo a su demanda.

Con esta técnica, mejoró la fruticultura con una mayor densidad de plantación.

Es preciso aplicar este método con precaución, el tiempo confirmó su importancia y efectividad en determinadas regiones.

El promedio mundial estimado en la eficiencia del uso del agua, es de un 30%, con el riego por goteo, la eficiencia puede ser del 90%.

A pesar de que las reservas de agua de Israel son salobres (desierto de Neguev), este inconveniente se ha convertido en ventaja, porque la aplicación controlada de agua salobre a tomates y melones (maduran según la relación azúcar/acidez) mejorando la calidad del producto.

En los cultivos anuales como el algodón, se determina el momento de su aplicación midiendo la tensión hídrica en la planta por medio de una cámara de presión, al medio día se cortan unas hojas y se mide la tensión del agua y el agricultor decide si se debe regar o no.

En los invernaderos los sistemas de riego son computarizados, además controlan la humedad, temperatura, salinidad.

Los programas para incrementar el potencial hidrológico de Israel, incluye la siembra de nubes, la desalación de aguas salobres y el reciclamiento de aguas residuales. La siembra de variedad de cultivos resistentes a la sequía y a la salinidad, que también contribuye a la conservación del agua.

## **2.2 Antecedentes en Estados Unidos y Latinoamérica**

**2.2.1 Estados unidos:** Con la llegada de los españoles a lo que hoy es el Noroeste de México en 1530, bajo el Mando de Nuño de Guzmán; adentrándose hasta lo que es actualmente la zona centro del estado de Sinaloa, se desarrollaron sistemas de riego para sostener a los colonizadores, se presentaron las primeras construcciones de diques siglo XVI. Este primer avance de la colonización en el Noroeste se enfrentó con una férrea resistencia por parte de los indígenas de la región, por lo que estuvo a punto de sucumbir en varias ocasiones.

Una segunda etapa en la colonización y desarrollo de la agricultura en el Noroeste de México se presenta con la presencia de la Compañía de Jesús, quienes se encargaron de la colonización del Noroeste en 1591, cuando estos territorios de la Nueva España llevaban los nombres de Nueva Galicia y Nueva

Vizcaya, logrando extenderlos por medio de las misiones y los presidios a los actuales estados de Nayarit, Sinaloa, Sonora, Baja California y Baja California Sur en México, así como los estados de California y Arizona en el Sur de los EEUU. Los jesuitas fueron expulsados en el 1767 de todas las colonias de España, y sustituidos por la compañía Franciscana; lo que a su vez significó que el imperio daba prioridad a la explotación minera sobre la agrícola.

**2.2.2 Latinoamérica:** El riego, considerado como la más antigua e importante de las diversas técnicas que intervienen en la producción de alimentos y, consecuentemente, reconocido como una de las actividades del hombre que desempeñó un papel principal en las antiguas civilizaciones, registra antecedentes en la región, que se remontan a muchos siglos antes de su descubrimiento en el siglo XV. En efecto, cuando los españoles llegaron por primera vez a los territorios que hoy constituyen México centro de la civilización azteca, Perú, Bolivia, Ecuador, Sur de Colombia, norte de Chile, y la Argentina. Donde florecía la civilización Inca, encontraron una infraestructura Hidráulica de cierta complejidad, cuyo origen se había perdido a un para la tradición oral, que venían siendo utilizada para captar, almacenar y conducir aguas para riego en beneficio de importantes áreas agrícolas.



Como un ejemplo de la magnitud del temprano desarrollo de riego en la América Latina, serios estudios demuestran que, mucho antes de la conquista hispánica, se regaban y cultivaban en la costa del Perú más de setecientas mil hectáreas, superficie que disminuyo apreciablemente en la época colonial y primeros tiempos de la época independiente para, en el presente siglo, resurgir lentamente y alcanzar el millón de hectáreas que dicha región Perú registra en la actualidad.

En mayor o menor medida dicho proceso de retroceso y resurgimiento se dio en los países mencionados del párrafo presente.

Como ya se ha mencionado, desde hace poco más de diez años, el riego por goteo como un nuevo método de aplicación de del agua de riego ha despertado un gran interés en el mundo que se refleja tanto en su difusión como en su continuo y rápido perfeccionamiento.

En 1975, por medio de este sistema, se regaban a nivel mundial unas 160 000 hectáreas. Los estados unidos con más de 50 000 hectáreas registraba la mayor área, seguido por Australia con 17 000; Israel con unas 10 000 y África del sur con 6 000 hectáreas. En América Latina, se registraban en dicho año unas 6 000 hectáreas, de la cuales 5 000 correspondían a México, distribuyéndose 1 000 restantes en unos pocos países.

### **2.2.3 Antecedentes en Perú y en la Región Piura**

#### **Inicios de las industrias en el Perú**

La historia de la Sociedad Nacional de industrias nace en Lima a principios de 1896 cuando un gran número de industriales artesanos, mineros y panaderos se congregaron en la Sociedad de Agricultura, con el objetivo de agruparse y conformar un gremio defensor de la propiedad y actividades industriales. La información estadística del sector industrial hasta 1891, nos demuestra que los bienes representaban el 58% del total de las importaciones, en 1900 bajó a 49% y a 39% en 1907, pese a ello, las perspectivas del siglo XX para la industria eran positivas. El estancamiento se prolongó hasta 1930, debido a la deficiencia en el abastecimiento de productos manufacturados debido a la guerra.

Durante esa época los industriales siguieron luchando, adaptándose a las circunstancias y consiguiendo el crecimiento de las empresas, logrando así generar empleos, tan solo entre 1918 y 1933 los puestos de trabajo crecieron en más del 50%. Sin embargo, no podíamos ser ajenos a las crisis internacionales, siendo el efecto más inmediato la caída de la demanda, pese a lo cual, nuestra industria sufrió una aguda recesión aunque se logró superar esa etapa.

## **Necesidad de Sistemas Automatizados**

A finales de la década del 50 se concebían proyectos para la producción de bienes durables y se renovaba la dedicación a los productos farmacéuticos; también se apreciaron los primeros indicios de un cambio completo en la esfera de industrias vinculadas a las exportaciones hacia las empresas dedicadas a la sustitución de importaciones. El proceso se inició con el papel, cemento, llantas y textiles donde ya se podían apreciar los primeros diseños de fajas simples que posteriormente fueron evolucionando junto con la necesidad de automatizar los procesos más simples.

### **2.3 Primeros estudios de riego tecnificado**

Una de las razones de los bajos rendimientos y pobre calidad de los productos agrícolas que se obtienen en la agricultura del país, especialmente en la costa y sierra del departamento de Piura, se debe a que en el proceso productivo del agro, se utilizan tecnologías tradicionales y deficientes entre ellas, sistemas de riego tradicionales por gravedad e inundación.

En cuanto a la eficiencia de manejo del agua de riego en la zona de Piura, según diversos estudios y particularmente Según el diagnóstico del Plan de Gestión que recoge indicadores de pérdida o eficiencia, así como de calidad y cantidad, esto validado por el Consejo de Recursos Hídricos de la Cuenca Chira Piura, reportan que el 65% de pérdida de agua, se debe al uso agrario principalmente por las malas prácticas de riego.

Es decir, existe un alto desperdicio de agua, debido a su deficiente aplicación a los predios y el mal estado de conservación de las redes de conducción y distribución, que en su mayoría son de tierra.

Para resolver esta problemática de riego nosotros nos hemos visto en la necesidad de utilizar nuestros conocimientos y realizar un proyecto que pueda simplificar esta necesidad mediante ingeniería, diseñando un sistema de automatización para riego tecnificado y su interfaz en un SCADA, el cual iremos explicando más adelante durante su desarrollo e implementación del mismo. Cuyo objetivo fundamental es promocionar y fomentar el reemplazo progresivo de los sistemas de riego tradicionales en el sector agrícola, por medio de la incorporación de sistemas modernos y eficientes.

### **¿Qué es tecnificar el riego?**

La tecnificación del riego permite:

- Mejorar la tecnología de la agricultura irrigada, por medio de modernos y eficientes sistemas de riego.
- Utilizar sistemas de riego eficientes, tales como; mangas, tubos multicompuertas, californiano y riego intermitente, aspersión, micro aspersión y goteo.
- Aplicar al cultivo el agua que requiere; en cantidad calidad y oportunidad para mejorar la producción.
- Mejorar la producción de los cultivos con el uso adecuado y eficiente del agua de riego, eliminando las pérdidas y desperdicios.
- Realizar capacitación permanente en materia de riego y uso eficiente del agua en la agricultura.

### 2.3.1 Sistema de riego por exudación

Es un sistema de riego localizado, que se aplica en forma continua, mediante un tubo poroso que exuda en toda su longitud y superficie, o en parte de ésta.

Este sistema permite:

- a) Ahorrar el agua de riego.
- b) Elevar la uniformidad de aplicación de agua a diferentes presiones, que satisface en forma óptima los requerimientos de agua del cultivo.
- c) Regar en forma continua, de modo que el suelo y las plantas establezcan sus propias demandas hídricas, evitando pérdidas por percolación.
- d) Resistir el agua evapotranspirada en forma continua por el tubo poroso, por lo que las plantas siempre dispondrán de condiciones óptimas de humedad.
- e) Ser utilizado en campo abierto y en invernaderos, en terrenos planos o con pendiente, en todos los climas y con todos los cultivos. En parques y jardines, el riego “enterrado es un importante factor para la estética del ambiente y no está expuesto a que lo malogren, ni lo roben.



*Figura 2.3.1: Ejemplo de un sistema de riego por exudación.*

### 2.3.2 Sistema de riego por impulsos o intermitente

El sistema de riego por impulsos, llamado también discontinuo o intermitente, consiste en aplicar agua a los surcos en intervalos de tiempo corto pero frecuente, en un mismo periodo de riego, por medio de un dispositivo que abre y cierra las compuertas cada cierto tiempo. Puede instalarse en los sistemas de riego californiano fijo y multicompuertas.

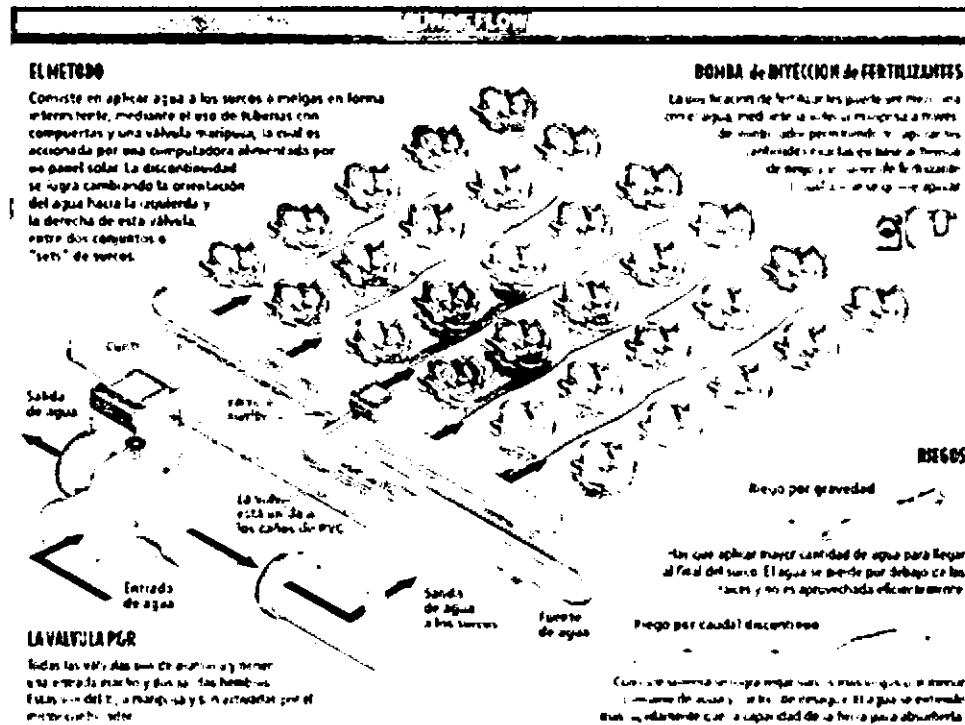


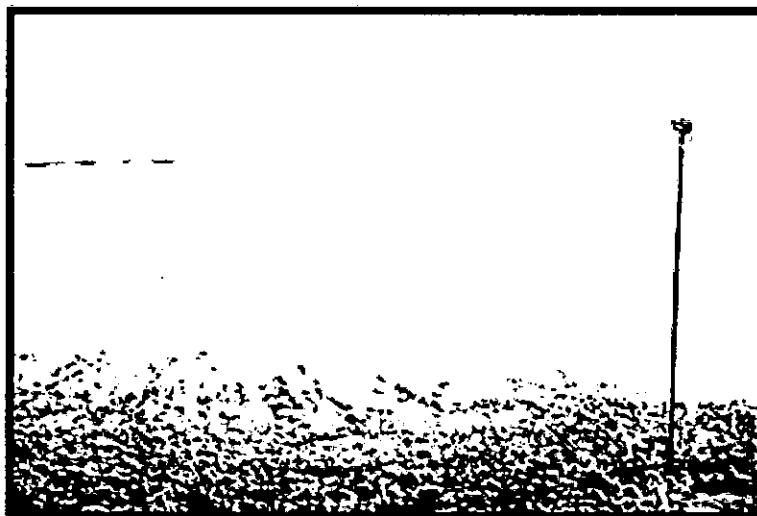
Figura 2.3.2: Ejemplo de sistema de riego por impulsos.

**Características:**

- a) Permite altas eficiencias de aplicación, superiores al 75%.
- b) Fácil instalación, operación y mantenimiento.
- c) Mayor economía de agua.
- d) Menor costo que los sistemas presurizados.
- e) Rápida recuperación de la inversión.

**2.3.3 Sistema de riego por aspersión**

Consiste en simular la lluvia pero controlando el tiempo y su intensidad, mediante una amplia gama de aspersores diseñados para operar a diferentes presiones, espaciamientos y tamaños, de acuerdo a los requerimientos de los cultivos.



*Figura 2.3.3: Ejemplo de sistema de riego por aspersión.*



Este sistema de riego permite:

- a) Aplicar agua a los cultivos en forma uniforme y controlada.
- b) Reducir las pérdidas por conducción y distribución.
- c) Disminuir los efectos nocivos de las heladas.
- d) Mejorar la eficiencia y economía en la aplicación de fertilizantes y pesticidas.
- e) Eliminar requerimientos de nivelación de suelos.
- f) Eliminar el peligro de erosión de los suelos.
- g) Minimizar la demanda de mano de obra durante el riego.
- h) Uniformizar el agua.

#### **2.3.4 Sistema de riego con mangas**

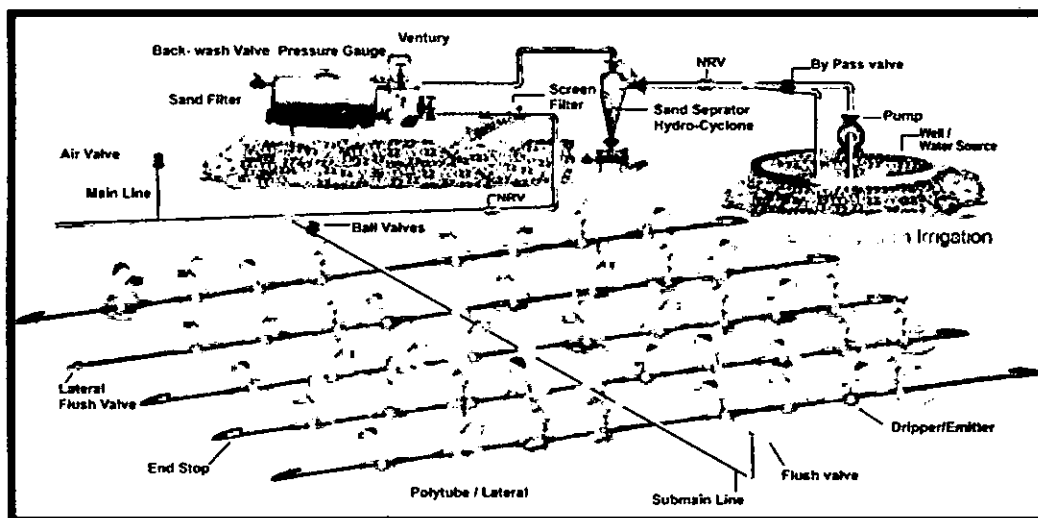
En este sistema se utilizan mangas plásticas para conducir el agua de riego en el predio de un punto a otro. Dichas mangas permiten aplicar el agua a los surcos por medio de perforaciones a distancias predeterminadas, en donde se instalan válvulas. Este sistema de riego es simple, barato, de fácil instalación y manejo.



*Figura 2.3.4: Ejemplo de un sistema de riego utilizando mangas plásticas.*

### 2.3.5 Sistema de riego por goteo

Se le denomina así porque permite la aplicación del agua y los fertilizantes en la zona radicular del cultivo, en forma de “gotas” de manera localizada, con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias y en el momento oportuno.



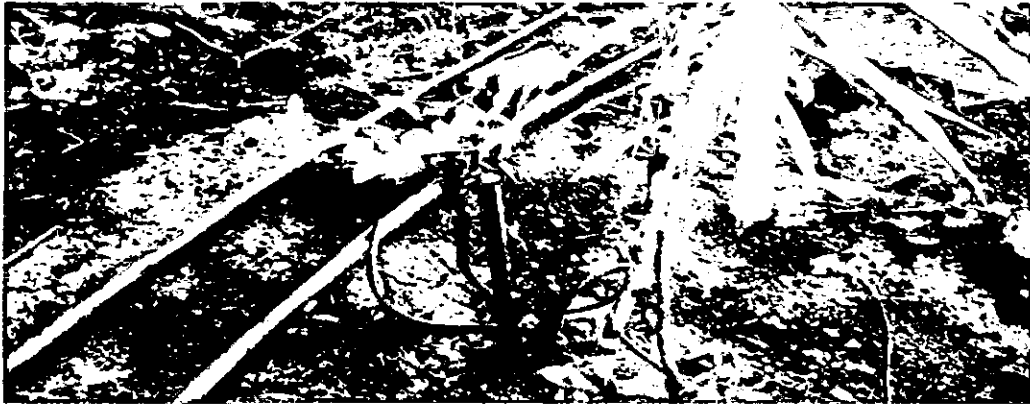
*Figura 2.3.5: Ejemplo de un sistema de riego por goteo.*

Este sistema de riego permite:

- Aplicar el agua de riego en forma localizada, continua, oportuna y eficiente.
- Adaptarse a cualquier suelo y condiciones topográficas diversas.
- Regar, fertilizar y controlar plagas en forma simultánea, ahorrando tiempo y jornales.
- Eliminar el desarrollo de malezas y la presencia de plagas y/o enfermedades.
- Aplicar el agua y fertilizantes cuando las plantas lo requieran.
- Alcanzar una eficiencia de aplicación, mayores de 90%.

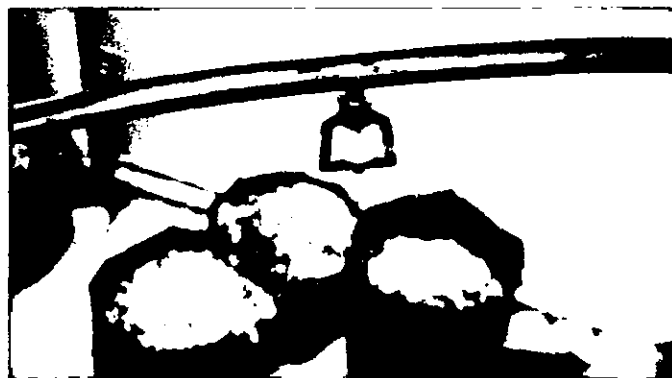
### 2.3.6 Sistema de riego por micro aspersión

Consiste en aplicar el agua en forma de lluvia fina y suave. Se le considera riego localizado porque esparce la humedad en la zona radicular de la planta. Se aplica generalmente en frutales arbóreos (cítricos, olivos, etc.)



*Figura 2.3.6.1: Ejemplo de un sistema de riego por microaspersión.*

Sus componentes son los mismos que se utilizan en el sistema de riego por goteo, excepto los emisores que en éste caso son micro aspersores, los cuales pueden nebulizar el agua o esparcirla en forma de gotas (lluvia fina).



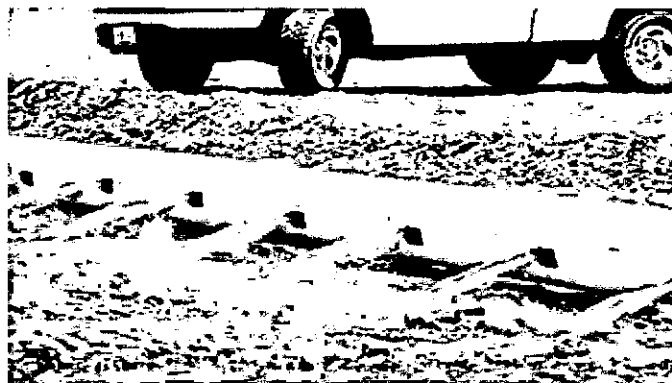
*Figura 2.3.6.2: Ejemplo de un emisor de riego por micro aspersión.*

### 2.3.7 Sistema de riego multicompuertas

El riego por multicompuertas es un sistema de conducción y distribución de agua de riego dentro de un predio, por medio de tuberías livianas, fáciles de transportar e instalar, que trabajan a baja presión. Con este sistema se alcanzan altas eficiencias de aplicación.

Características:

- Sustituye muy bien a los canales de conducción y distribución, disminuyendo las pérdidas por infiltración, alcanzando alta eficiencia de riego (70%)
- Bajos costos de inversión, de instalación, de operación y mantenimiento.
- Gran versatilidad del sistema, que permite regar con agua de pozo y de avenidas.
- Simple de diseñar y fácil de instalar, cuando se utiliza tubería de PVC.
- Mínima inversión y rápida recuperación de capital.
- Permite mejorar la fertilización de los cultivos.



*Figura 2.3.7: Ejemplo de un sistema de riego por multicompuertas.*

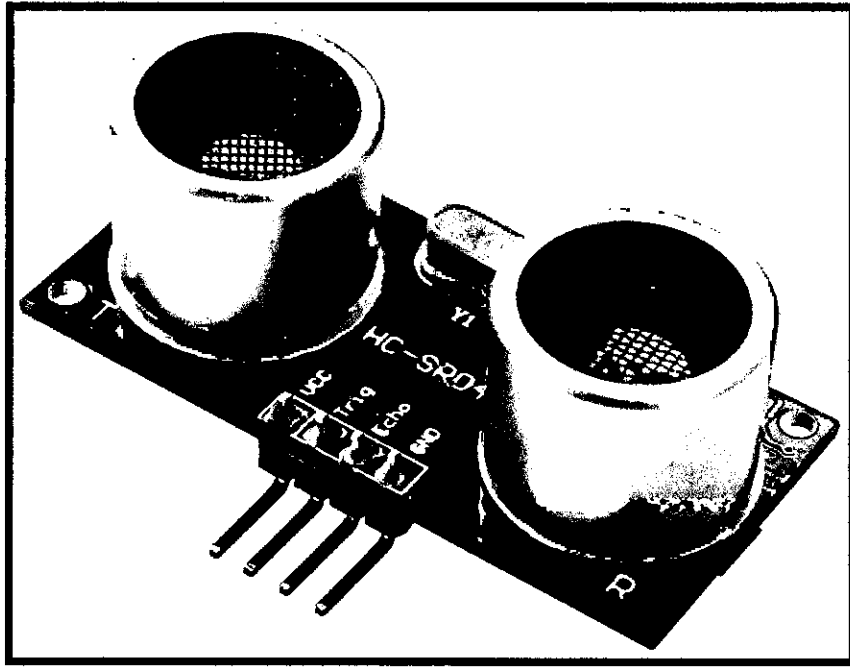
### **¿Por qué tecnificar el riego?**

Al tecnificar los sistemas de riego, se pueden obtener los siguientes beneficios:

- Disminución del consumo de agua en las parcelas y por consiguiente, disminución de gastos por tarifa.
- Mayor eficiencia en el uso del agua y fertilizantes, por consiguiente, obtención de mayor producción y mejor calidad de los productos; consecuentemente mayores ganancias.
- Mayor disponibilidad de tiempo para dedicarse a otras actividades.
- Mayores ingresos económicos para los agricultores.

### **2.4 Sensor de Ultrasonido**

Los sensores de ultrasonido son detectores de proximidad que trabajan libres de roces mecánicos y que detectan objetos a distancias de hasta 8m. El sensor emite un sonido y mide el tiempo que la señal tarda en regresar. Estos reflejan en un objeto, el sensor recibe el eco producido y lo convierte en señales eléctricas, las cuales son elaboradas en el aparato de valoración. Estos sensores trabajan solamente en el aire, y pueden detectar objetos con diferentes formas, colores, superficies y de diferentes materiales. Los materiales pueden ser sólidos, líquidos o polvorientos, sin embargo han de ser deflectores de sonido. Los sensores trabajan según el tiempo de transcurso del eco, es decir, se valora la distancia temporal entre el impulso de emisión y el impulso del eco.



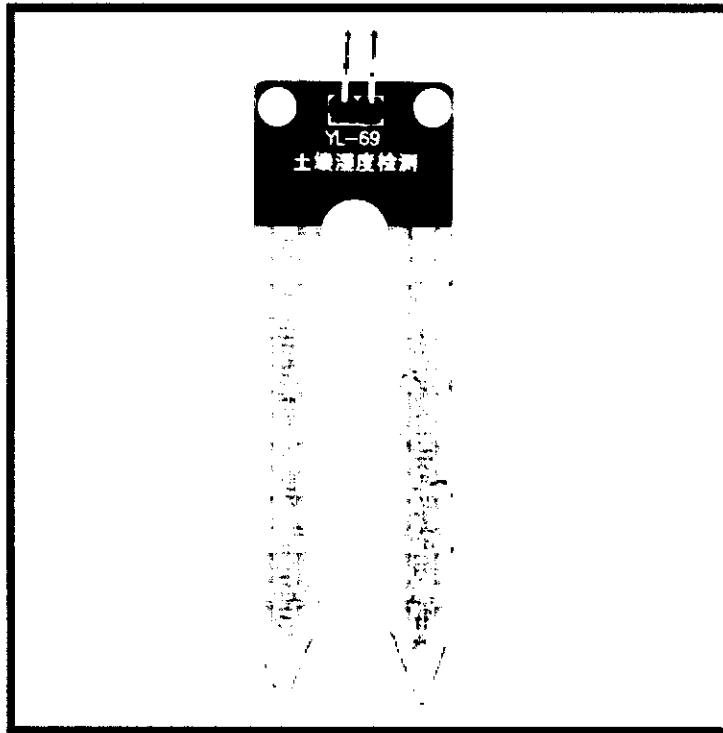
*Figura 2.4: Ejemplo de un sensor de ultrasonido Arduino.*

## **2.5 Sensor de Humedad Resistivo**

Sensor de bloque de polímero resistivo están compuestos de un sustrato cerámico aislante sobre el cual se deposita una grilla de electrodos. Estos electrodos se cubren con una sal sensible a la humedad embebida en una resina (polímero). La resina se recubre entonces con una capa productora permeable al vapor de agua. A medida que la humedad permea la capa de protección, el polímero resulta ionizado y estos iones se movilizan dentro de la resina.

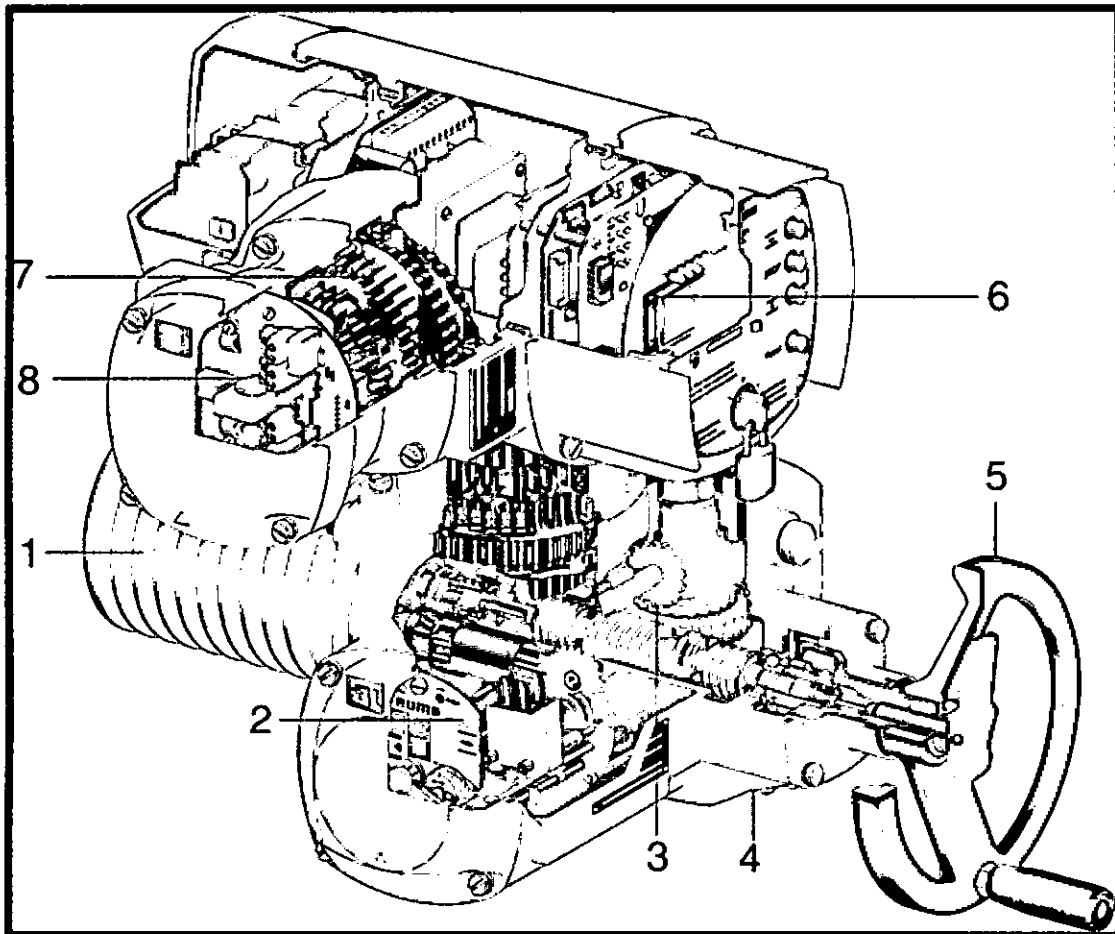
Cuando los electrodos son excitados por una corriente alterna, la impedancia del sensor se mide y es usada para calcular el porcentaje de humedad relativa. Por su misma estructura este tipo de sensores son relativamente inmunes a la contaminación superficial ya que no afecta su precisión aunque si el tiempo de respuesta.

Debido a los valores extremadamente altos de resistencia del sensor a niveles de humedad menores que 20% es apropiado para los rangos altos de humedad.



*Figura 2.5: Ejemplo de un sensor de humedad resistivo.*

## 2.6 Válvula Motorizada



*Figura 2.6: Ejemplo de la estructura interna de una válvula motorizada.*



### **2.6.1 Motor**

Usualmente se utiliza un motor asíncrono trifásico como actuador, aunque también puede ser un motor monofásico de corriente alterna o directa. Este motor está específicamente adaptado para la actuación de la válvula proveyendo un torque alto necesario para operar una válvula atascada. El motor también está diseñado para operar en condiciones ambientales extremas. El motor no está diseñado para una operación continua.

### **2.6.2 Sensor de Torque y Límite.**

Se provee un sensor de límite para actuar cuando la posición de final de carrera se ha alcanzado. El sensor de torque mide el torque en la válvula. Cuando se excede el torque máximo se señala esta condición. Los actuadores a menudo están equipados con un sensor de posición el cual indica la posición actual de la válvula.

### **2.6.3 Engranaje**

Frecuentemente es del tipo tornillo sin fin con la finalidad de reducir la alta velocidad de salida del motor eléctrico.

#### **2.6.4 Válvula**

La válvula consiste en dos elementos: Primero el acoplamiento usado para conectar firmemente el actuador a la válvula. Entre mayor sea el torque a ser aplicado a la válvula más robusto deberá a ser este acoplamiento. Segundo, el eje de salida que transmite el torque del actuador al eje de la válvula.

El diseño y las dimensiones estándar del montaje de acoplamiento y el eje está definido por el estándar en ISO 5210 para actuadores multi-vuelta o en ISO 5211 actuadores parciales. El diseño de la interface de la válvula esta generalmente basado en la norma DIN 3358.

#### **2.6.5 Operación Manual**

La mayoría de las válvulas motorizadas están equipadas con una manivela para operar la válvula manualmente en caso de puesta en marcha o en caso de una falla eléctrica. La manivela no se debe operar cuando el motor eléctrico está funcionando.

#### **2.6.6 Control del Actuador**

El actuador se debe controlar a través de un control externo que puede llegar a ser un PLC. Algunos actuadores poseen controles integrados para ser controlados con señales de baja potencia.

### **2.6.7 Conexión Eléctrica**

Los cables de alimentación y los cables de control se utilizan para alimentar y controlar las señales del actuador. Las terminales pueden ser del tipo atornillado o puede ser provisto de un conector.

### **2.6.8 Conexión Bus Campo**

La tecnología Bus de campo es utilizada para transmitir los datos de la válvula como su posición.

## **2.7 Microcontrolador**

Un microcontrolador es un circuito integrado programable, capaz de ejecutar las órdenes grabadas en su memoria. Está compuesto de varios bloques funcionales, los cuales cumplen una tarea específica.

Un microcontrolador incluye en su interior tres principales unidades funcionales de una computadora y estas son:

- 1. Unidad central de procesamiento**
- 2. Memoria**
- 3. Periféricos de entrada/salida**

Algunos microcontroladores pueden utilizar palabras de cuatro bits y funcionan a velocidad de reloj con frecuencias tan bajas como 4 KHz, con consumo de baja potencia (mW).

Cuando es fabricado, el microcontrolador no contiene datos en la memoria ROM. Para que pueda controlar algún proceso es necesario generar o crear y luego grabar en la EEPROM o equivalente del microcontrolador algún programa, el cual puede ser escrito en lenguaje ensamblador u otro lenguaje para microcontroladores; sin embargo, para que el programa pueda ser grabado en la memoria del microcontrolador, debe ser codificado en el sistema numérico hexadecimal que es finalmente el sistema que hace trabajar al microcontrolador cuando éste es alimentado con el voltaje adecuado y asociado a dispositivos analógicos y discretos para su funcionamiento.

## **2.8 Visual Basic 2010**

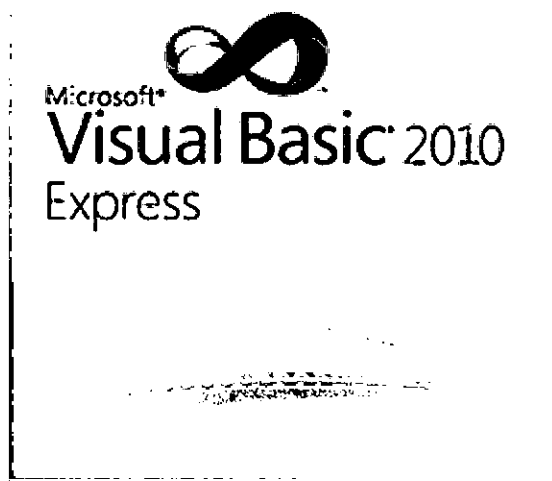
Visual Basic es un lenguaje de programación dirigido por eventos, desarrollado por Microsoft. Este lenguaje de programación es un dialecto de BASIC, con importantes agregados. Su primera versión fue presentada en 1991, con la intención de simplificar la programación utilizando un ambiente de desarrollo completamente gráfico que facilitara la creación de interfaces gráficas y, en cierta medida, también la programación misma.

La última versión fue la 6, liberada en 1998, para la que Microsoft extendió el soporte hasta marzo de 2008.

En 2001 Microsoft propuso abandonar el desarrollo basado en API Win32 y pasar un framework o marco común de librerías, independiente de la versión del sistema operativo, .NET Framework, a través de Visual Basic .NET (y otros lenguajes como C Sharp (C#) de fácil transición de código entre ellos); fue el sucesor Visual Basic 6.0.

Aunque Visual Basic es de propósito general, también provee facilidades para el desarrollo de aplicaciones de bases de datos usando Data Access Objects, Remote Data Objects o ActiveX Data Objects.

Visual Basic contiene un entorno de desarrollo integrado o IDE que integra editor de textos para edición de código fuente, un depurador, un compilador (y enlazador) y un editor de interfaces graficas o GUI.



*Figura 2.8: Logo de visual Basic 2010.*

Como herramienta importante se escogió el visual Studio 6.0 ya que debido a sus prestaciones y el buen desenvolvimiento en los sistemas Operativos Windows XP, tomando en cuenta que dicho SCADA será instalado en un computador que tiene como SO Windows XP.

## **2.9 Planteamiento y Justificación del Problema**

Actualmente la automatización está jugando un papel muy importante en competitividad de las empresas, ya que está permitiendo agilizar procesos haciéndolos más eficientes mediante sistemas automáticos.

El rubro en el cual ha entrado la automatización con mayor fuerza ha sido en la industria automotriz, metal-mecánica, manufacturera, pero en el sector agrícola no se ha hecho presente con la misma fuerza que las anteriores, ya que todavía en países como Perú los métodos de cultivo, en su mayoría, continúan siendo muy rudimentarios.

Existen sistemas de riego que no son controlados por ningún tipo de sistema automático, lo cual provoca un gran desperdicio de agua, ya que hay personal que abre el riego a la hora que sea, sin tener ningún control de éstos.

Los sistemas no tienen una hora de inicio ni mucho menos de término, el agua que sale, la mayoría de las veces, va en dirección que no es la adecuada, es decir, no se riega el pasto o las plantas, sino que mojan a las personas que pasan cerca de éstos.

Actualmente, muchos países tienen menos agua de la que necesitan. La humanidad obtiene la mayor cantidad de agua de los ríos, pero casi todos se encuentran inservibles a causa de la contaminación.

Hay que empezar por algo para obtener un mayor aprovechamiento a largo plazo del consumo de agua y, mediante éstos sistemas de riego automatizados se puede lograr esto.

Es necesario diseñar nuevos sistemas hidráulicos más seguros y eficientes orientados al ahorro de agua, actuado con responsabilidad social; cuidando el medio ambiente, el agua, la energía, el trabajo, liberar tiempo al trabajador.

## 2.10 SCADA

SCADA quiere decir Supervisory Control And Data Acquisition, y en español significa, Supervisión, Control y Adquisición de Datos y son aplicaciones de software, diseñadas con el objetivo de controlar y supervisar procesos de distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos, sensores, etc.) y controlando el proceso de forma automática desde una computadora u otro dispositivo. Igualmente, envía la información que se genera en el proceso de producción dentro de la empresa, es decir, admite la participación de otras áreas.

En un sistema SCADA se incluyen muchos subsistemas, así la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual recibe las señales y las envía a las estaciones remotas usando protocolos determinados, otra manera podría ser a través de una computadora que realice a toma de datos vía hardware especializado y luego transmita la información a un equipo de radio mediante su puerto serial, y así un sinnúmero de alternativas.



Las tareas tanto de supervisión como de control están relacionadas con el software que utilice el sistema SCADA, allí el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada estación remota que conforme el sistema, los estados, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real. Además estos sistemas actúan sobre dispositivos de la planta, y permiten controlar el proceso desde una estación remota.

Un software SCADA debe ser capaz de ofrecer al sistema la posibilidad de crear alarmas, que exigen la presencia del operador para reconocer una parada del proceso. Permite la generación de datos históricos de las señales de planta, que pueden ser interpretados en una hoja de cálculo. También ejecuta programas para anular o modificar las tareas asociadas al proceso, bajo ciertas condiciones y tiene la posibilidad de realizar cálculos aritméticos de elevada resolución sobre la CPU del ordenador.

### **2.10.1 Requerimientos Principales de un SCADA**

Existen varios tipos de SCADA's dependiendo del fabricante y del fin con que se va a hacer uso del sistema por ello antes de decidir cuál es el más indicado hay que tener presente si cumple o no ciertos requerimientos primordiales:

- Debe ser indispensable que tenga arquitectura abierta, es decir, permita su crecimiento y expansión, también debe poder ajustarse a las necesidades futuras de los procesos de producción y de la planta.
- La programación debe ser sencilla y la instalación debe contar con interfaces graficas que muestren un esquema básico y real del proceso, pero que además, sean amigables para el usuario.
- Es muy importante que se permita la adquisición de datos de todos los equipos que formen parte del sistema SCADA, y su comunicación debe ser a nivel interno y externo.

### 2.10.2 Esquema Básico de un Sistema SCADA

En la siguiente Figura (2.10.2) podemos observar que un sistema SCADA conectado a un proceso automatizado consta de las siguientes partes:

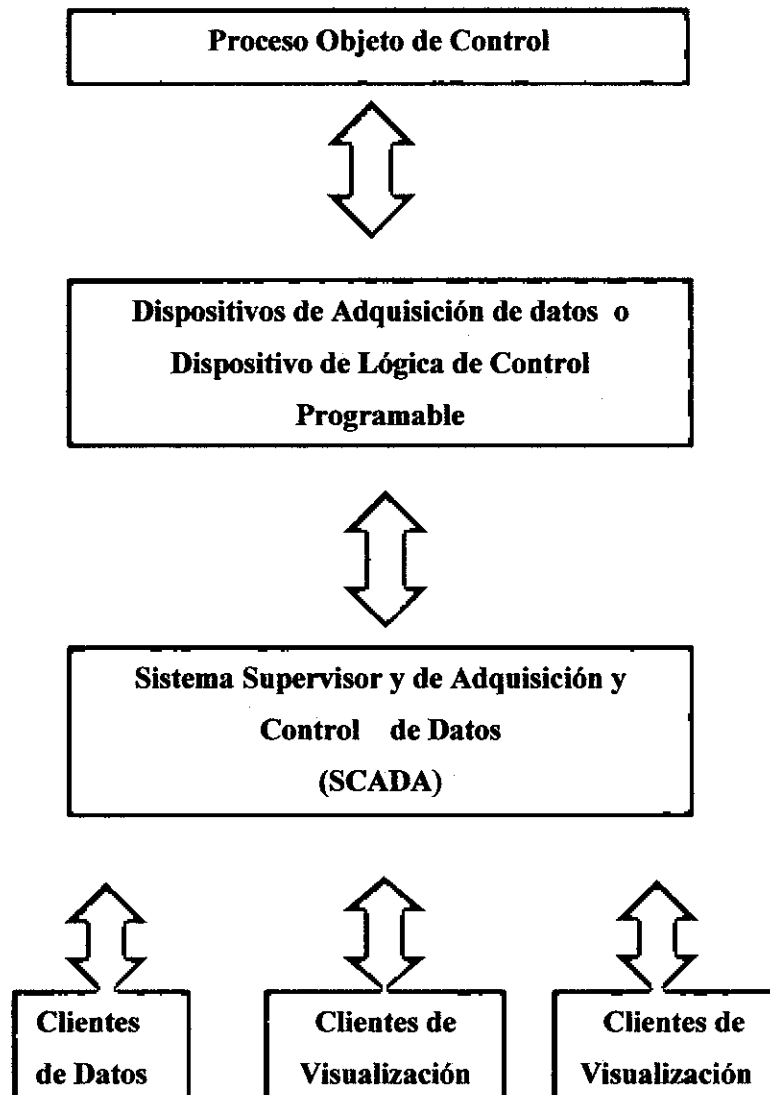


Figura 2.10.2: Esquema básico de un sistema SCADA.

- **Proceso objeto de control:** Es el proceso que se desea supervisar. En consecuencia, es el origen de los datos que se requiere coleccionar y distribuir.
- **Adquisición de datos:** Son un conjunto de instrumentos de medición dotados de alguna interface de comunicación que permita su interconexión.
- **SCADA:** Combinación de hardware y software que permite la colección y visualización de los datos obtenidos por el sistema SCADA.

Un término clave en la definición, al que muchas veces no se le da adecuada atención, es el de supervisión, que significa que un operador humano es el que la final tiene la última decisión sobre operaciones, generalmente críticas, de una planta industrial. La importancia de esta definición está en que se contrapone a la idea generalizada, que a veces se hace, de que en la unidad master se hace control automático del proceso supervisado.

### 2.10.3 Funciones Principales

- **Supervisión remota de instalaciones y equipos**

Permite conocer el estado y el funcionamiento de instalaciones y equipos dentro de la planta, esto ayuda a administrar las labores de mantenimiento y tratamiento de errores que pudieran aparecer en los procesos.

- **Control remoto de instalaciones y equipos**

El sistema permite activar o desactivar los equipos de manera automática en forma remota y también manual. Además se pueden ajustar parámetros, valores referenciales, sentencias de control, etc.

- **Procesamiento de datos**

Los datos adquiridos pasan a ser información que conforma el sistema, esta información es procesada, estudiada y comparada con información anterior, y con datos de otros puntos de referencia dentro del sistema, obteniendo una información confiable y veraz.

- **Visualización grafica**

Muestra imágenes dinámicas que representan el estado del proceso en tiempo real, estos gráficos también pueden representar curvas de señales analizadas en el tiempo.

- **Señales de alarma**

Las señales de alarma avisan al operador sobre una falla o la presencia de una condición que esté fuera de los parámetros normales de un proceso.

Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

- **Almacenamiento de información**

Los datos adquiridos son almacenados, de manera que se puedan analizar posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del programador.

- **Programación de eventos**

Existe la posibilidad de programar sentencias para la activación automática de tareas, creación de reportes, graficas estadísticas y de procesos, etc.

## 2.10.4 Elementos Básicos de un Sistema SCADA.

### a) Hardware

Los componentes básicos de hardware para implementar un sistema SCADA son:

- **Unidad terminal maestra (MTU)**

Es el computador principal del sistema que cumple la función de supervisión y recolección de la información de las subestaciones; soporta una interfaz hombre máquina.

- **Unidad remota de telemetría (RTU)**

Es un dispositivo instalado en una localidad remota del sistema que se dedica a recopilar datos para transmitirlos hacia la Unidad Terminal Maestra.

Esta unidad posee canales de entrada para la medición de las variables dentro de los procesos y de canales de salida para control, activación de alarmas y puerto de comunicaciones.

- **Red de comunicación**

El sistema de comunicación transmite la información entre la planta y el hardware del sistema SCADA.

Las comunicaciones pueden cambiar según las necesidades del sistema y del programa seleccionado, ya que no todos los programas de software así como los instrumentos de campo pueden trabajar con el mismo medio de comunicación.

- **Dispositivos de campo**

Son todos aquellos equipos que permiten realizar la automatización o control del sistema (PLC's, controladores industriales, actuadores, sensores, etc.) y se encargan de la adquisición de datos del sistema.

**b) Software**

Los bloques principales del software que permiten la adquisición, supervisión y control de los datos son:

- **Configuración**

Permite al programador definir el entorno de trabajo del sistema, personalizándolo de acuerdo a sus necesidades.



- **Interfaz gráfico**

Ayuda al operador a observar el estado de los dispositivos de campo presentes en los procesos industriales, permitiendo que exista un buen control y supervisión de la planta.

- **Módulo de proceso**

Ejecuta acciones de mando pre-programadas a partir de valores actuales de las variables de campo leídas en tiempo real.

- **Gestión y archivo de datos**

Permite el almacenamiento y proceso de datos, según códigos de programación que permite comunicarse con el hardware (impresoras, registradores) o el software (base de datos, hojas de cálculo, graficas estadísticas), etc.

#### **2.10.5 Introducción al sistema SCADA / HMI (Human Machine Interface)**

Un SCADA es un sistema que se utiliza principalmente en el entorno industrial, para la supervisión del control y adquisición de datos del proceso de producción.

### **2.10.6 Definición y uso de SCADA**

Las siglas de SCADA significan en inglés Supervisory Control And Data Acquisition, o lo que es lo mismo, Control de Supervisión y Adquisición de Datos.

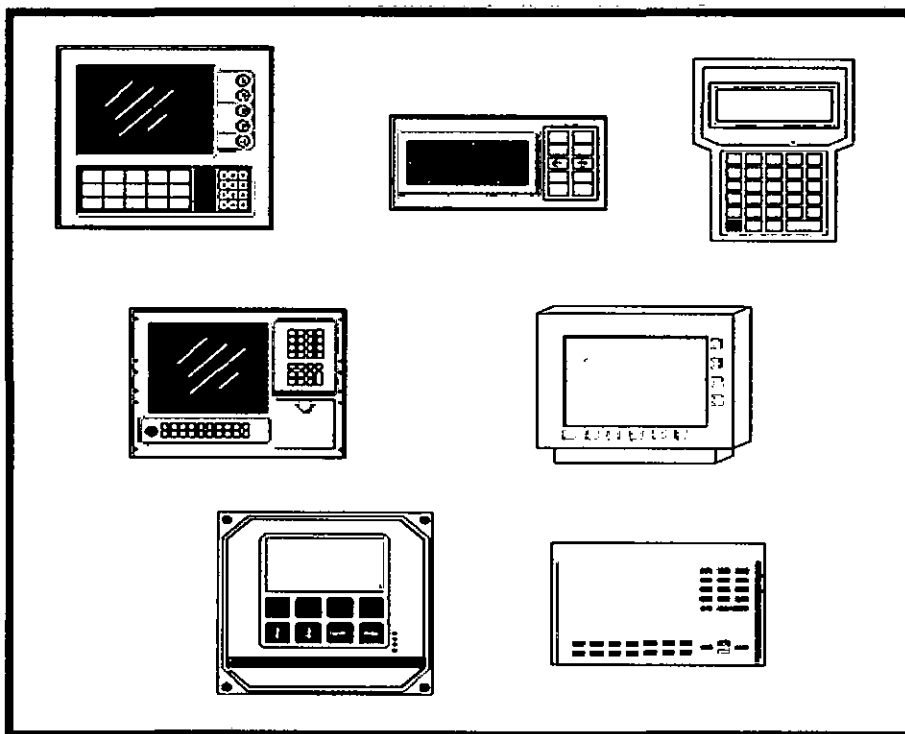
Con un sistema SCADA se integran todas las máquinas y dispositivos existentes en una planta de producción, si se trata de una industrial, o de las instalaciones, si se trata de otras ubicaciones. Se integran autómatas programables (PLCs), motores, bombas, encoders, ventiladores, en definitiva, todos los dispositivos que componen el sistema automatizado.

El sistema está compuesto por un software y por diferentes hardware de señales de entrada y salida, pantallas interfaces entre el hombre y las máquinas (HMI), bases de datos, redes, comunicaciones y controladores. En el sistema se captura toda la información del proceso de producción, se visualiza en tiempo real el estado de las máquinas y dispositivos, se realizan análisis y mediciones, se obtienen alarmas configuradas, se pueden realizar gráficos con los datos obtenidos y mucho más.

El SCADA permite realizar retroalimentaciones al sistema, en función de los datos obtenidos. Por tanto, si por ejemplo tenemos definido que el nivel de un depósito de agua no puede bajar por debajo del 50% de la capacidad del depósito, el sistema automáticamente detectará ese nivel y realizará las acciones oportunas para el llenado del mismo.

### 2.10.7 Interfaz Hombre- Máquina (HMI)

HMI son las siglas de Human Machine Interface (Interfaz Hombre-Máquina), y como su nombre indica, es el intermediario entre la máquina y el usuario. Un HMI puede ser una pantalla táctil situada en una máquina, o bien el propio software instalado en un PC para controlar el proceso.

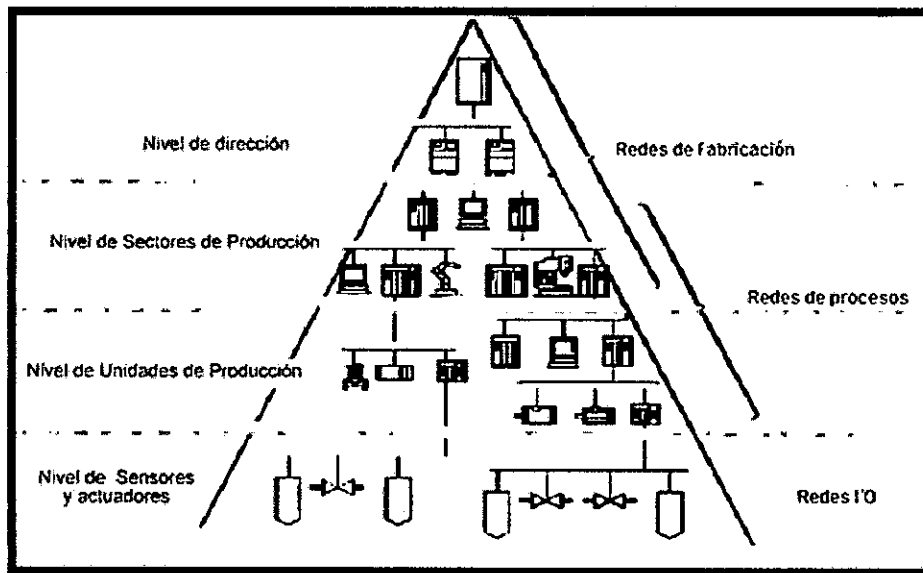


*Figura 2.10.7: Dispositivos HMI.*

### 2.10.8 Comunicación industrial

En la figura 2.10.8 se puede observar la pirámide que representa las comunicaciones en un entorno industrial.

En el primer nivel, llamado Nivel de Dirección, se encuentran los ordenadores que se pueden encontrar en las oficinas y/o departamentos de la planta de producción. Posteriormente se encuentra el Nivel de Sectores de Producción, donde se encuentran los ordenadores que controlan las máquinas, robots, equipos electrónicos, etc. En el nivel de Unidades de Producción se encuentra PLCs, motores, variadores de frecuencia, y otros PCs a nivel más local. Por último, en el Nivel de Sensores y Actuadores se encuentran sensores, detectores, actuadores, etc.



*Figura 2.10.8: Representación piramidal en un entorno industrial.*

## **CAPITULO III**

# **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1 Metodología

De acuerdo con el propósito de este proyecto, la naturaleza de la problemática y los objetivos que se formularan, la investigación será técnica y aplicada.

Este tipo de investigación busca la solución de problemas de una manera práctica, para ello se necesitara de la intervención o modificación de la propia realidad del proceso; es decir que se pretende demostrar la mejora que se realizara a esta etapa del proceso.

El desarrollo y estudio del presente trabajo de investigación se basara en el método científico; el mismo que está conformado por una serie de actividades correctamente articuladas que conducen a un resultado coherente con la propuesta de solución.

En esencia se espera que el proceso investigativo genere información, o sea, datos, a partir de los cuales sea posible emitir una evaluación de la hipótesis.

El recogido de datos puede depender desde lo más sencillo que es la observación visual y el registro de la ocurrencia de determinados fenómenos, hasta la medición utilizando diversidad de instrumentos; desde los más sencillos, como una regla, hasta los más sofisticados como sería un osciloscopio.

### 3.2 Descripción de la realidad problemática

La humedad uniforme en los fundos del Perú es aún un gran reto, debido a las carencias de sistemas automatizados para el riego de los campos agrícolas; si bien es cierto se tiene riego tecnificado esto no lleva a la total eficiencia de esa humedad uniforme.

Por ello se han creado diversas formas; una de las más eficientes es la automatización del riego tecnificado ya sea programando los tiempos de regado del campo o censando las diversas variables que nos permite saber la humedad de los campos en tiempo real.

Es por esa razón que teniendo en cuenta los avances tecnológicos, se origina la idea de este proyecto, que tiene como objetivo aprovechar las nuevas tecnologías para desarrollar un sistema que automatice el riego tecnificado para darle un riego uniforme a todo el campo utilizado.

De esta manera se obtendrá una mayor eficiencia en la humedad al regar el campo ya que el sistema lo hará de una forma automática, minimizando el tiempo, maximizando la precisión, y almacenando todo los resultados en una base de datos para ser visualizados en un SCADA.

### **3.3 Definición del problema**

En un fundo (terreno agrícola) donde el riego tecnificado se hace de manera manual (uso de una persona para abrir las llaves para regar el campo) esto lleva a que la persona que desarrolla este proceso haga un cálculo para determinar que el campo este ya óptimo para así cerrar las llaves de control de regado.

### **3.4 Formulación del Problema**

¿Es Posible diseñar un sistema automatizado para riego tecnificado con gestión de un SCADA, que permita una mayor eficiencia en el proceso que ahorre tiempo y reduzca errores?



### 3.5 Objetivos

#### Objetivo General

- ✓ Diseñar un sistema automatizado que sea capaz de controlar, supervisar y monitorizar el riego tecnificado en un campo de cultivo y permitir enviar los datos hacia un SCADA para gestionar el proceso desde un panel de control.

#### Objetivos Específicos

- ✓ Diseñar un sistema de adquisición de datos a través de una PC y generar una base de datos con la información obtenida de los diferentes sensores instalados en el campo de cultivo.
- ✓ Diseñar un sistema para regar uniformemente un campo de cultivo de manera automatizada.
- ✓ Desarrollar un sistema SCADA de bajo costo y óptima fiabilidad.
- ✓ Promover el uso de la electrónica como una herramienta poderosa para administrar nuestros recursos y hacerlos más eficientes.

### 3.6 Importancia y Justificación del Estudio

La importancia de este proyecto radica en la utilización de las tecnologías actuales para mejorar los procesos agroindustriales en nuestro país. En este caso la automatización del riego tecnificado para un campo agrícola y su gestión en un SCADA.

También la mejora del proceso de riego contribuye a la humedad y fertilización uniforme del campo de cultivo que es lo que se busca en el riego tecnificado tradicional y que muchas veces no se logra. Por lo tanto, el desarrollo queda justificado de acuerdo al análisis mostrado.

### 3.7 Viabilidad del Estudio

Se ha evaluado el presente proyecto y observando detalladamente las deficiencias que pueden existir en un sistema de riego tecnificado de forma manual, se concluye que es un proyecto viable, de mejoras económicas y de un aumento de la eficiencia en el proceso.

## **CAPÍTULO IV**

# **INGENIERÍA DE DISEÑO**

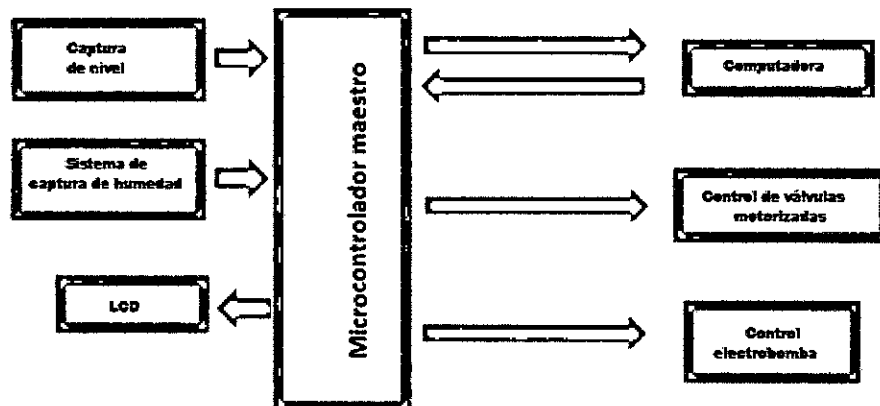
## **4.1 ESQUEMA GLOBAL DEL SISTEMA PLANTEADO**

El primer paso para diseñar el circuito electrónico es la selección de los componentes que se utilizarán. Para ello se van a hacer comparaciones de equipos y tecnologías teniendo en cuenta sus características y la eficiencia de éstos, en este punto se analiza a detalle cada uno de los componentes que se propone en el diseño y luego se elige el adecuado. Previamente se mostrará el esquema global planteado para el diseño.

### **4.1.1 Diagrama de bloques del sistema de Adquisición de Datos y Control de actuadores.**

En el presente proyecto de tesis se plantea el siguiente diagrama de bloques que se muestra en la figura 4.1.1 con las siguientes características:

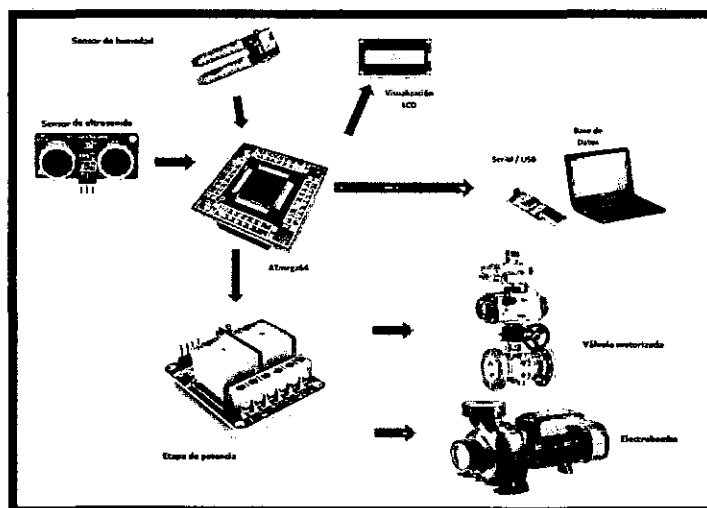
- Captura de humedad.
- Captura de nivel con sensor ultrasónico
- Visualizador LCD.
- Microcontrolador de control de válvulas motorizadas.
- Activación de electrobomba.
- Envío de datos a la computadora.



*Figura 4.1.1 Diagrama de bloques del sistema de adquisición de datos y control de actuadores.*

#### 4.1.2 Diagrama de bloques del Hardware del Sistema

Teniendo en cuenta el diagrama de bloques que se muestra en la figura 4.1.1 se propone el hardware del sistema el cual se muestra en la figura 4.1.2.



*Figura 4.1.2: Diagrama de bloques del hardware del sistema.*

Este sistema será capaz de manejar un conjunto de instrucciones y responder a los datos recibidos por los sensores de humedad y ultrasonido para ejecutar tareas programadas, tales como, leer el porcentaje de humedad, activar las válvulas motorizadas, determinar si el tanque elevado tiene una cantidad optima de agua o no, activar la electrobomba para llenar el tanque elevado.

Luego la información (de los sensores de humedad y ultrasonido) será enviada en una trama de datos a una computadora mediante comunicación serial, y ésta guardará en una base de datos.

## **4.2 DISEÑO DEL HARDWARE DEL SISTEMA**

### **4.2.1 Comparación de microcontroladores**

La tarjeta principal será gobernada por un microcontrolador el cual recibirá señales de los sensores de humedad y ultrasonido. Además de soportar las siguientes funciones:

- Tres entradas para la lectura de humedad relativa.
- Una entrada para lectura del ultrasonido.
- Soportar conversiones de número enteros con decimales.
- Visualización de LCD.
- Salida digital para control de válvulas motorizadas y electrobomba.
- Transmisión serial para la comunicación con PC.
- Una UART adicional para futuras mejoras del diseño.

#### 4.2.1.1 Microcontrolador PIC16F877A:

**Pines y funciones:** El microcontrolador PIC16F877, como se ve en la figura 4.2.1.1, dispone de 40 pines. Los pines son el puente entre el microcontrolador y el mundo exterior; son líneas digitales y otras analógicas que trabajan entre cero y cinco voltios y se pueden configurar como entradas o como salidas.

El PIC16F877 tiene cinco puertos. El puerto A con 6 pines, el puerto B, C, D con 8 pines y el puerto E con 3 pines. Cada pin se puede configurar como entrada o como salida independiente programando los registros diseñados para tal fin. En esos registros un "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un "1" lo configura como entrada.

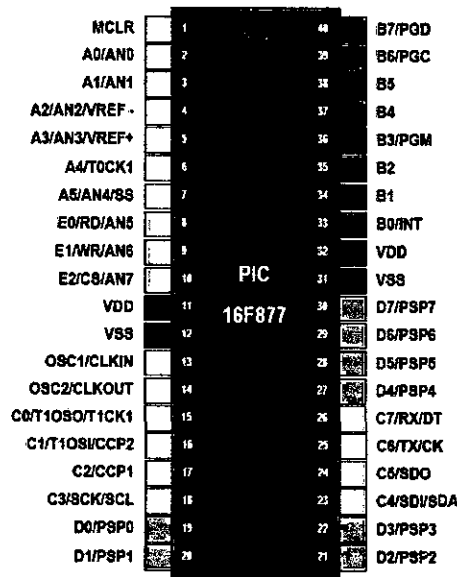


Figura 4.2.1.1: Descripción de pines del PIC16F877.

**Arquitectura Interna:** El PIC16F877 es un microcontrolador de Microchip de la familia media y al igual que los demás miembros de su familia se caracteriza por:

- Su procesador es tipo RISC (35 instrucciones).
- Velocidad de operación de hasta 20MHz y 200ns por ciclo de instrucción.
- Memoria de programa Flash de 8k x 14 palabras.
- Modo sleep de ahorro de energía.
- Vías de entrada de lectura y escritura del procesador.
- Perro guardián Timer (WDT) con propio oscilador RC.
- Protección del código programable.

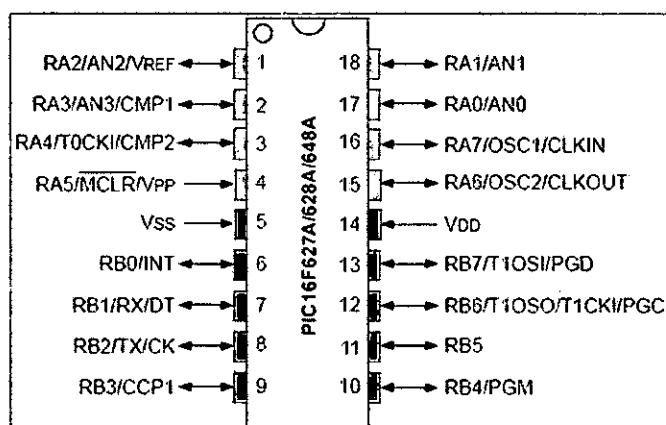


**Recursos especiales:** Además de las características anteriormente señaladas, se puede resaltar lo siguiente:

- Timer0: Temporizador/contador de 8bits con pre escalador de 8bits.
- Timer1: Temporizador/contador de 16 bits con pre escalador, puede ser incrementado durante el modo sleep por cristal /clock externo.
- Timer2: Timer/counter de 8 bits con registro de período de 8 bits, pre escalador y post escalador.
- Dos módulos Capture, Compare, PWM.
- Convertidor multicanal Analógico/Digital de 10 bits.
- Serial síncrono port (SSP) con SPI e I2C (Master/Slave).
- USART.

#### **4.2.1.2 Microcontrolador PIC16F628A**

**Pines y funciones:** El PIC16F628A es un microcontrolador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada así como un juego reducido de 35 instrucciones. Este microcontrolador es el remplazo del obsoleto PIC16F84A, los pines del PIC16F628A son compatibles con el PIC16F84A. En la figura 4.2.1.2 se muestra el diagrama de pines.



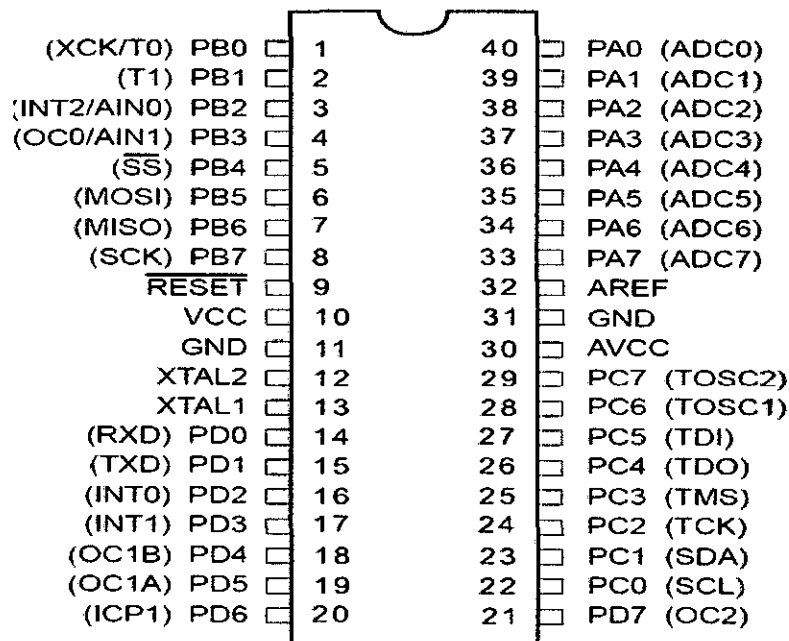
*Figura 4.2.1.2 Descripción de pines del PIC16F628.*

### Características:

- Velocidades de operación de 20 MHz.
- Capacidad de interrupción.
- Opciones de oscilador externo e interno.
- Precisión de fábrica del oscilador interno de 4 MHz calibrada a  $\pm 1\%$ .
- Resistencias programable pul-ups del PORTB.
- Protección de código programable.
- Amplio rango de funcionamiento de tensión (2.0-5.5V).
- Industrial y amplia gama de temperaturas extendidas.
- 100.000 ciclos de escritura Flash.
- 1.000.000 ciclos de escritura EEPROM.
- 40 años de retención de datos.
- De baja potencia Características.

**4.2.1.3 Microcontrolador ATMEGA 32:**

El atmega 32 es un microcontrolador CMOS de 8 bits de baja potencia basado en arquitectura RISC de AVR ejecutando las instrucciones en un solo ciclo de reloj, el atmega32 alcanza un desempeño de 1 MPIS por MHZ permitiendo al diseñador optimizar los consumos de potencia contra velocidad de procesamiento.



*Figura 4.2.1.3. Pines del microcontrolador ATmega32.*

**Características principales del Atmega32:**

- ATmega32 (Serie AVR de Atmel de 8 bits).
- Arquitectura RISC.
- 32K bytes de memoria flash, 2K bytes de SRAM, 1024 bytes EEPROM, 2Timers/Contadores de 8 bits, 1 Timer/Contador de 16 bits, 8 canales de 10 bitsde ADC, USART, WDT, POR, BOD, 4 Canales de PWM, Puerto de ISP.
- Interfase Serial SPI para programación dentro del sistema.
- 6 Modos para ahorrar potencia.
- 32 pines de I/O.

El ATmega32 tiene las características: 32K bytes de memoria Flash programable dentro del sistema, 1024 bytes de EEPROM, 2K bytes de SRAM, 32 líneas de I/O de propósito general, 32 registros de propósito general, Interface JTAG, 3 Timers/Contadores con modos de comparación, interrupciones internas y externas, un USART programable, una interface serial orientada a byte de dos líneas, 8 canales de convertidor Analógico-Digital de 10 bits, con opción a ser diferenciales, un timer perro guardián (watchdog) con oscilador interno, un puerto serial SPI, y 6 modos de ahorrar potencia.

#### 4.2.2 Diseño de la tarjeta principal

Teniendo en cuenta las características de los microcontroladores descritos y las funciones con las que debe contar la tarjeta principal se ha decidió optar por el microcontrolador ATmega32 ya que cumple todos los requisitos necesarios para el diseño.

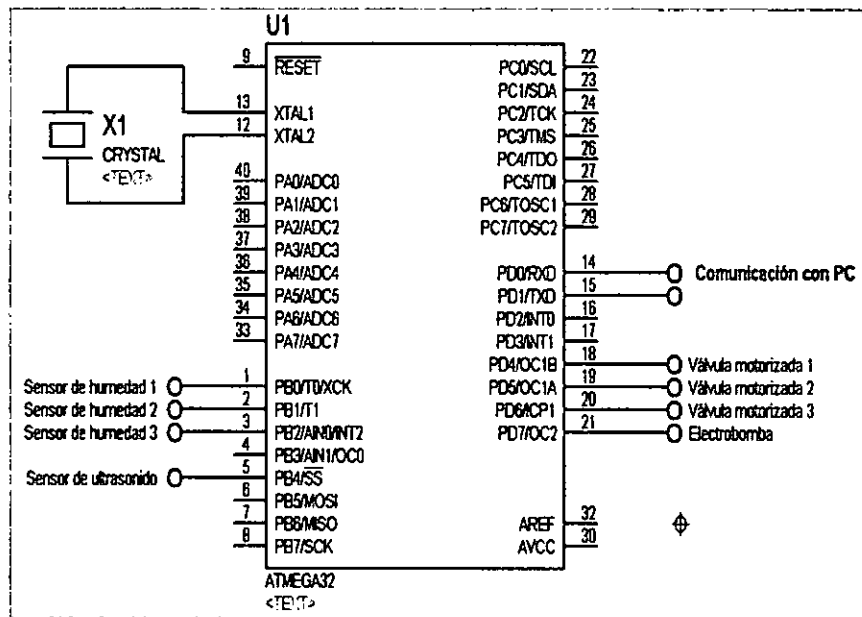


Figura 4.2.2: Microcontrolador ATmega32 elegido para el diseño.

### 4.2.3 Características de la tarjeta principal

- Tres entradas para la lectura de humedad relativa.
- Una entrada para lectura del ultrasonido.
- Soportar conversiones de número enteros con decimales.
- Visualización de LCD.
- Salida digital para control de válvulas motorizadas y electrobomba.
- Transmisión serial para la comunicación con PC.
- Una UART adicional para futuras mejoras del diseño.

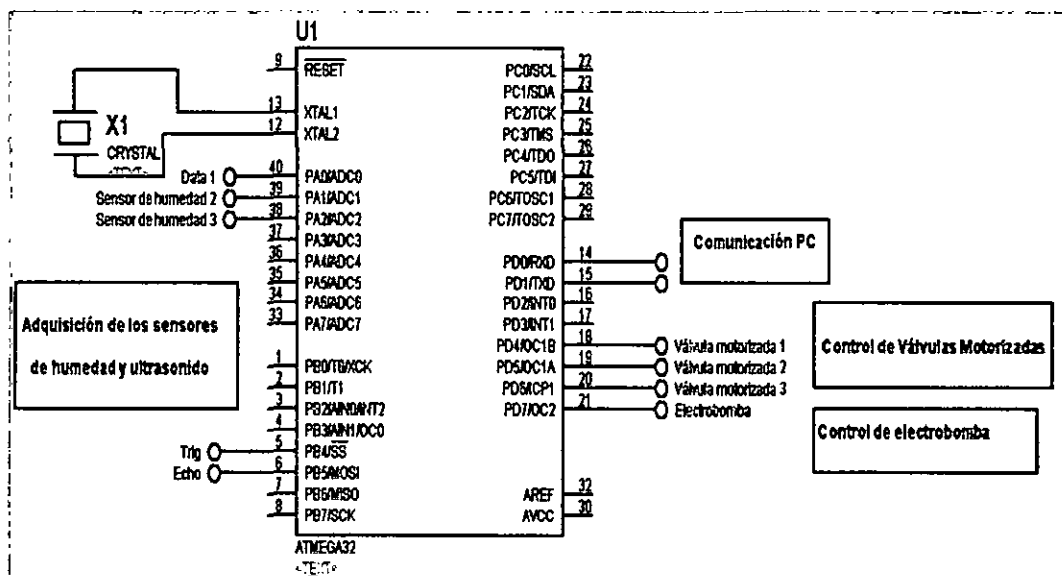


Figura 4.2.3: Diseño de la tarjeta principal.

#### 4.2.4 Diseño del sistema de adquisición de datos de humedad y ultrasonido

Como ya se ha descrito en el capítulo anterior se propone el uso de los sensores: Sensor de humedad de suelo HL-69 y el sensor de ultrasonido HC-SR04. En la figura 4.2.4 se representa el sistema de adquisición representado en bloque.

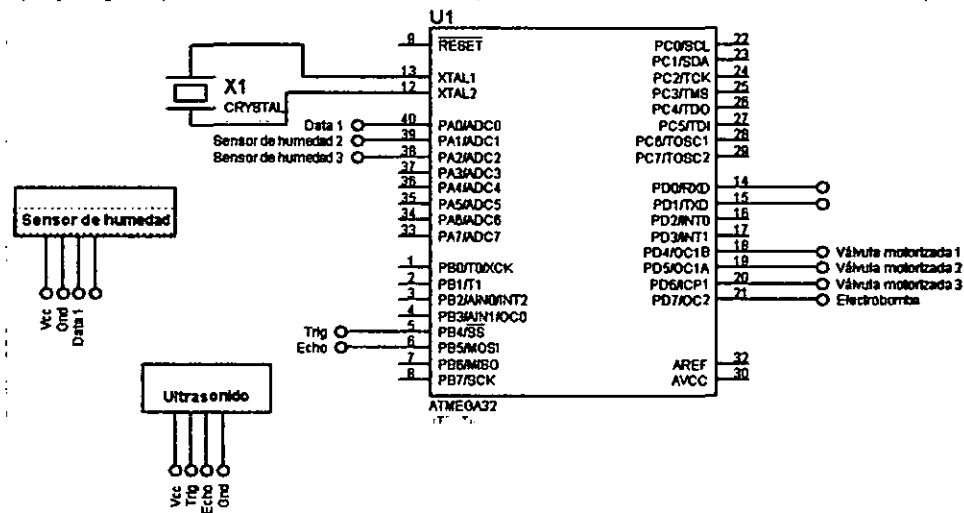


Figura 4.2.4: Sistema de adquisición de datos representado en bloque.

##### 4.2.4.1 Sensor de Humedad HL - 69

El módulo HL-69, un sensor de humedad de suelo resulta ser otro módulo que utiliza la conductividad entre dos terminales para determinar ciertos parámetros relacionados a agua, líquidos y humedad.

El principio de funcionamiento de este dispositivo es prácticamente el mismo que el que utiliza el YL-83, el detector de lluvia.

Consiste en dos placas separadas entre sí por una distancia determinada. Ambas placas están recubiertas de una capa de material conductor. Si existe humedad en el suelo se creará un puente entre una punta y otra, lo que será detectado por un circuito de control con un amplificador operacional que será el encargado de transformar la conductividad registrada a un valor analógico que podrá ser leído por un microcontrolador. De hecho, el circuito de control es el mismo que utiliza el módulo YL-83.

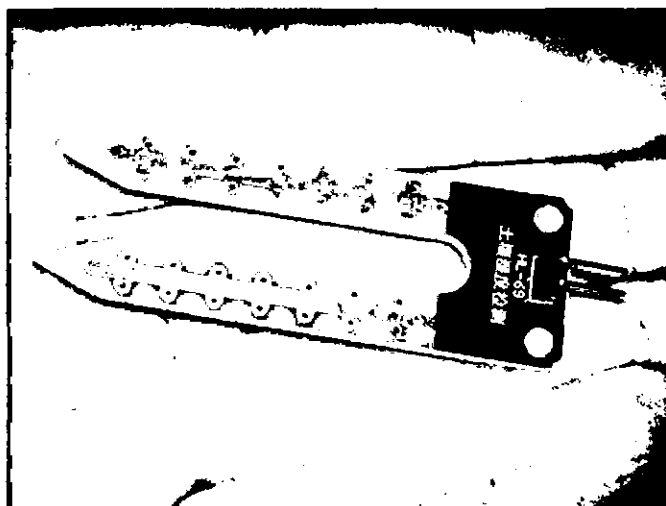
Una vez más habrá dos tipos de salidas, una analógica y una digital. La salida digital entregará un pulso bajo cuando haya conductividad suficiente entre cada una de las puntas. El umbral de disparo se puede establecer moviendo el potenciómetro del circuito de control.

En la salida analógica el nivel de voltaje dependerá directamente de cuanta humedad haya en el suelo. Es decir, dependiendo de cuanta conductividad (producto del agua en el suelo) haya entre las puntas del módulo, así variará el valor entregado por el microcontrolador (entre 0 y 1023).

Al final, este módulo es muy útil en proyectos de control donde se requiera monitorear las condiciones del suelo, especialmente si se está trabajando con plantas que necesitan cuidados especiales.

El aspecto físico que tiene el sensor que va en el suelo se muestra en la figura 4.2.4.1.





*Figura 4.2.4.1: Aspecto físico del sensor de humedad de suelo.*

#### **4.2.4.2 Sensor de Ultrasonido**

El HC-SR04 es un sensor ultrasónico de bajo costo que no sólo puede detectar si un objeto se presenta, como un sensor PIR (Passive Infrared Sensor), sino que también puede sentir y transmitir la distancia al objeto.

Tienen dos transductores, básicamente, un altavoz y un micrófono.

Ofrece una excelente detección sin contacto (remoto) con elevada precisión y lecturas estables en un formato fácil de usar.

El funcionamiento no se ve afectado por la luz solar o el material negro como telémetros ópticos (aunque acústicamente materiales suaves como telas pueden ser difíciles de detectar).

La velocidad del sonido en el aire (a una temperatura de 20 °C) es de 343 m/s. (Por cada grado centígrado que sube la temperatura, la velocidad del sonido aumenta en 0,6 m/s).

Dentro de sus características técnicas podemos resaltar:

- Los módulos incluyen transmisores ultrasónicos, el receptor y el circuito de control.
- Número de pines:
  - VCC: Alimentación +5V (4.5V min – 5.5V max)
  - TRIG: Trigger entrada (input) del sensor (TTL)
  - ECHO: Echo salida (output) del Sensor (TTL)
  - GND
- Corriente de reposo: < 2mA
- Corriente de trabajo: 15mA
- Ángulo de medición: 30°
- Ángulo de medición efectivo: < 15°
- Detección de 2cm a 400cm o 1" a 13 pies (Sirve a más de 4m, pero el fabricante no garantiza una buena medición).
- “Resolución” La precisión puede variar entre los 3mm o 0.3cm.
- Dimensiones: 45mm x 20mm x 15mm
- Frecuencia de trabajo: 40KHz

Su funcionamiento es el siguiente:

1. Enviar un Pulso "1" de al menos de 10uS por el Pin Trigger (Disparador).
2. El sensor enviará 8 Pulsos de 40KHz (Ultrasonido) y coloca su salida Echo a alto (seteo), se debe detectar este evento e iniciar un conteo de tiempo.
3. La salida Echo se mantendrá en alto hasta recibir el eco reflejado por el obstáculo a lo cual el sensor pondrá su pin Echo a bajo, es decir, terminar de contar el tiempo.
4. Se recomienda dar un tiempo de aproximadamente 50ms de espera después de terminar la cuenta.
5. La distancia es proporcional a la duración del pulso y puedes calcularla con las siguiente formula (Utilizando la velocidad del sonido = 340m/s):

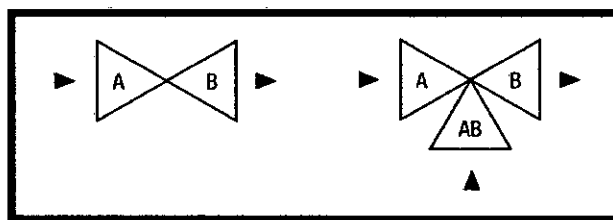
$$\text{Distancia en cm (centímetros)} = \text{Tiempo medido en us} \times 0.017$$

### 4.2.5 Comparación de válvulas motorizadas para riego

Las válvulas de zona motorizadas están concebidas para funcionar como reguladores todo-nada y como válvulas desviadoras de caudal en circuitos cerrados de agua en instalaciones de calefacción, climatización, sistemas solares, sistemas de aprovechamiento de aguas fluviales, etc.

#### 4.2.5.1 Válvula mariposa motorizada

Las válvulas de 2 vías son modelos de paso directo, con sentido de circulación de A a B, y normalmente cerradas en A (sin tensión). Al aplicar tensión al motor, la válvula abre, y se cierra el microinterruptor (si lo hubiera). Las válvulas de 3 vías son válvulas desviadoras, con entrada por AB y salidas por A y por B, con la vía A normalmente cerrada (sin tensión). Al aplicar tensión al motor, la vía A se abre, la B se cierra, y se cierra el microinterruptor (si lo hubiera). Diagrama de las válvulas de dos y tres vías se muestra en la figura 4.2.5.1.



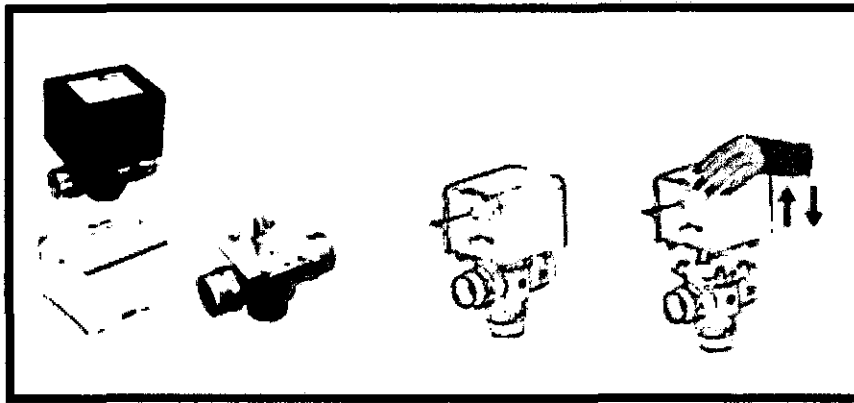
*Figura 4.2.5.1: Diagrama de válvulas de dos y tres vía.*

El microrruptor de señal de fin de carrera se comporta como un interruptor que se acciona cuando la válvula está bajo tensión, permitiendo de esta manera actuar cualquier dispositivo que quiera comandarse con dicho microrruptor (por ejemplo, arrancar una bomba de circulación). En caso de falta de corriente, la válvula vuelve por sí misma a la posición de cierre en A. En dicho caso, una leva permite accionar la válvula manualmente, así como para el llenado, purga o vaciado de la instalación.

### **MODELOS DESMONTABLES**

Estos modelos permiten realizar la conexión hidráulica de la parte valvular sin necesidad de que la parte motorizada esté ensamblada. Se suministran con una tapa protectora de la superficie de unión de la parte valvular a la parte motorizada, para evitar los depósitos de suciedad, escayola y otras impurezas que aparecen durante la instalación, así como posibles daños al eje de accionamiento debidos a golpes o manipulaciones indeseadas. Una vez realizada dicha conexión, la parte motorizada puede ensamblarse con posterioridad en el momento más adecuado.

Igualmente, cuando la instalación está en marcha, la parte motorizada puede ser reemplazada sin necesidad de vaciar la instalación ni de actuar sobre ella. Cuando la parte motorizada no está ensamblada, el eje de accionamiento de la parte valvular queda con libertad de giro, por lo que es aconsejable ensamblar cuanto antes una nueva parte motorizada. El montaje y desmontaje de la parte motorizada se consigue mediante un sencillo clipaje. Ver la Figura 4.2.5.2.



*Figura 4.2.5.2: Válvulas motorizadas desmontables.*

Las válvulas de zona motorizadas se presentan bajo dos formas distintas: Un ensamblaje unido, compuesto de un cuerpo de válvula en latón sobre el cual está montada la caja que contiene el motor. Un ensamblaje desmontable, en el que el cuerpo y la caja del motor pueden ser conectados a la instalación independientemente.

#### **4.2.6 Diseño de la conexión de las válvulas motorizadas para las áreas de cultivo**

Después de ver alternativas de válvulas mototirizadas de dos y tres vías se opto por la de dos vías y de modelo desmontable ya que debido al diseño de nuestro sistema de riego tecnificado necesitamos que pase caudal por las tuberías y así pueda regar las zonas designadas, estas válvulas motorizadas serán activadas por un circuito de potencia que permitiera activar y desactivar su pase de fluido.

En la figura 4.2.6.1 vemos que se usara una válvula motorizada para cada area de cultivo.

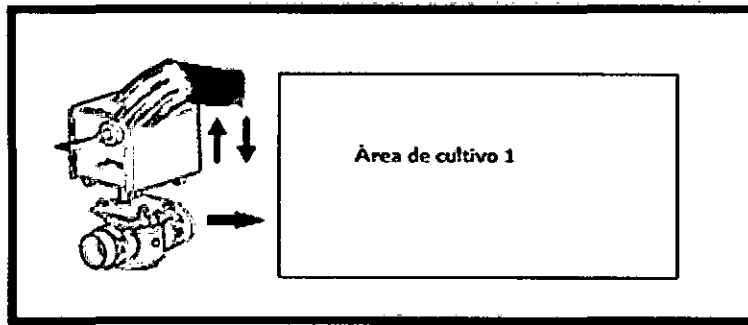


Figura 4.2.6.1: Válvula motorizada para riego de una area de cultivo.

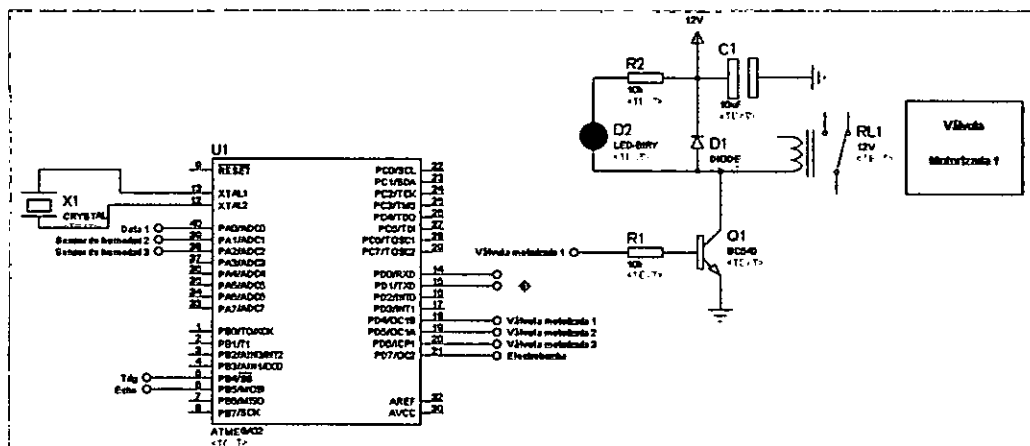


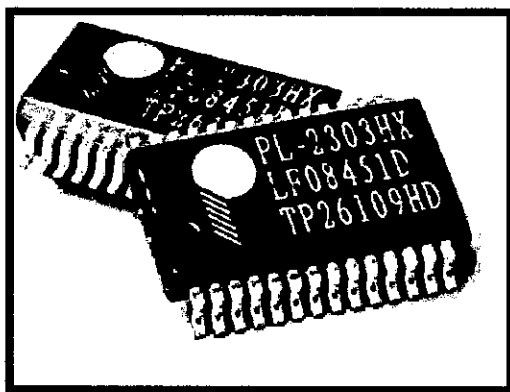
Figura 4.2.6.2: Circuito de control de válvulas motorizadas.

#### 4.2.7 Circuitos integrados convertidores USB/Serial

Para la comunicación de los dos microcontroladores (tarjeta maestra de control del sistema) con una computadora, se va a hacer uso de un convertidor USB/Serial. Se describirán 2 tipos de integrados y en base a ello se elegirá el adecuado para el diseño.

##### 4.2.7.1 Prolific PL-2303

El PL-2303 funciona como un puente entre un puerto USB y un puerto serie RS232 estándar. La función del búffer es acomodar el flujo de datos a partir de dos buses diferentes, viene en un encapsulado SSOP-28. Es un dispositivo plug and play, los drivers se descargan de manera automática y desde la página web del fabricante.

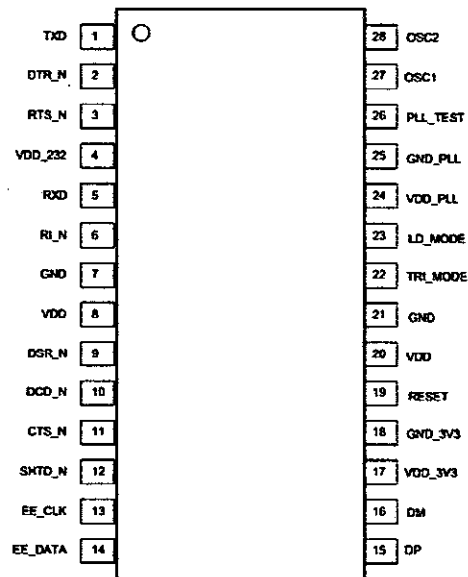


*Figura 4.2.7.1(a): Circuito integrado Prolific PL-2303.*



**Características:**

- Voltaje de funcionamiento: DC -0.3V a 6V.
- Voltaje de salida: -0.3V a VDD+0.3V.
- Frecuencia de operación: 12MHz.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.
- Impedancia de salida: 28Ohm.



*Figura 4.2.7.1 (b): Pines del Prolific PL-2303.*

#### 4.2.7.2 FTDI232RL USB UART

El FTDI232RL es un circuito integrado puente entre un puerto USB y un puerto serie, de bajo consumo y muy robusto. Los drivers se pueden descargar desde la página web del fabricante, es compatible con Windows y Linux.



*Figura 4.2.7.2 (a): Circuito integrado FTDI232RL.*

##### **Características:**

- Voltaje de funcionamiento: DC -0.3V a 6V.
- Voltaje de salida: 3.3V.
- Temperatura de operación: -40°C a 85°C.
- Pines CBUS I/O configurables.
- Disponible en encapsulados SSOP-28 y QFN-32.
- Leds de indicadores de transmisión y recepción.

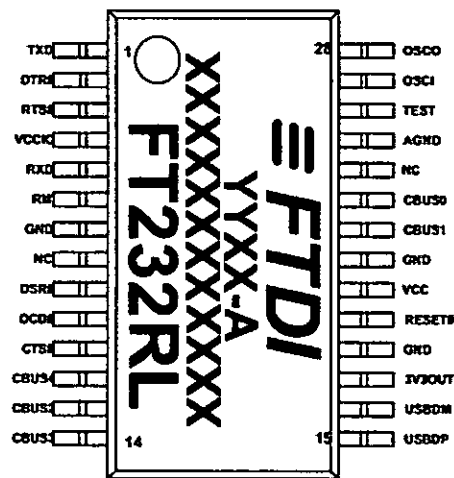


Figura 4.2.7.2 (b): Pines del FTDI232RL.

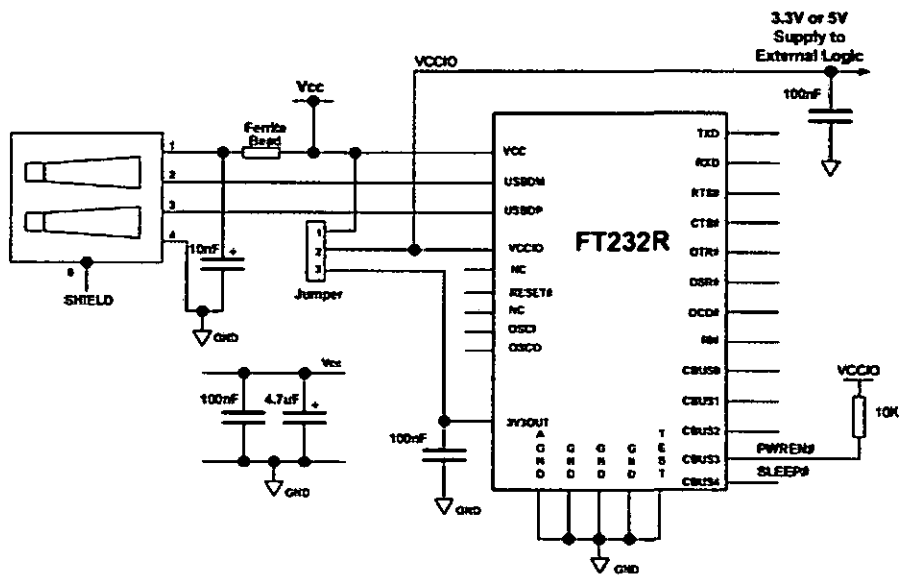
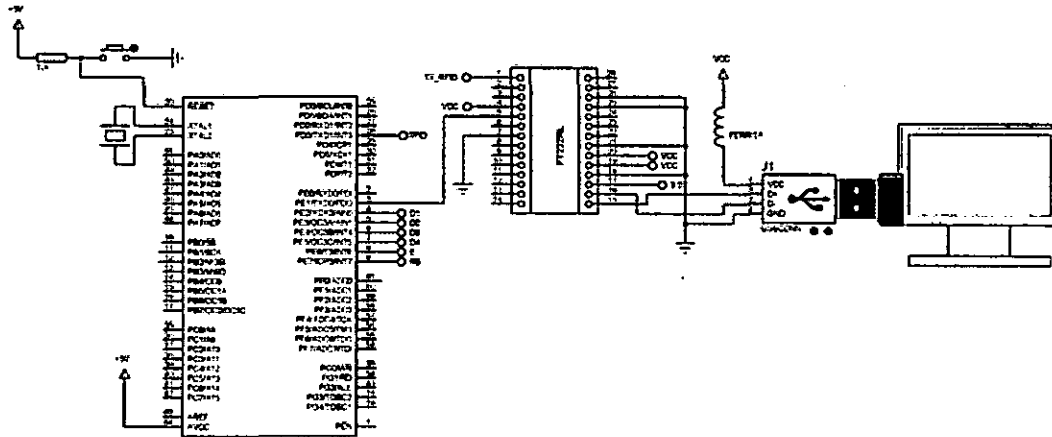


Figura 4.2.7.2 (c): Configuración recomendada para el FTDI232RL.

#### 4.2.8 Diseño del hardware USB/SERIAL para el microcontrolador



*Figura 4.2.8: Hardware USB/SERIAL con circuito integrado FTDI232RL.*

#### 4.2.9 Diseño del control de la electrobomba

En esta sección se va a diseñar el control de la electrobomba que permitiera tener suficiente fluido en el reservorio y tener la optima humedad en los suelos del fundo, el diseño de control de la electrobomba cuenta con el sensor de ultrasonido quien le dara la orden al microcontrolador que esta en deficit de agua para que la electrobomba entre en funcionamiento.

#### 4.2.9.1 Electrobomba Centrífuga 3HP Monofasica

La bomba centrífuga, también denominada bomba rotodinámica, es actualmente la máquina mas utilizada para bombear líquidos en general. Las bombas centrífugas son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incompresible. El fluido entra por el centro del rodete, que dispone de unos álabes para conducir el fluido, y por efecto de la fuerza centrífuga es impulsado hacia el exterior, donde es recogido por la carcasa o cuerpo de la bomba. Debido a la geometría del cuerpo, el fluido es conducido hacia las tuberías de salida o hacia el siguiente rodete. Son máquinas basadas en la Ecuación de Euler.

Aunque la fuerza centrífuga producida depende tanto de la velocidad en la periferia del impulsor como de la densidad del líquido, la energía que se aplica por unidad de masa del líquido es independiente de la densidad del líquido. Por tanto, en una bomba dada que funcione a cierta velocidad y que maneje un volumen definido de líquido, la energía que se aplica y transfiere al líquido, (en Pascales, Pa, metros de columna de agua m.c.a. o pie-lb/lb de líquido) es la misma para cualquier líquido sin que importe su densidad. Tradicionalmente la presión proporcionada por la bomba en metros de columna de agua o pie-lb/lb se expresa en metros o en pies y por ello que se denomina genéricamente como "altura", y aún más, porque las

primeras bombas se dedicaban a subir agua de los pozos desde una cierta profundidad (o altura).

Las bombas centrífugas tienen un uso muy extendido en la industria ya que son adecuadas casi para cualquier uso. Las más comunes son las que están construidas bajo normativa DIN 24255 (en formas e hidráulica) con un único rodete, que abarcan capacidades hasta los 500 m<sup>3</sup>/h y alturas manométricas hasta los 100 metros con motores eléctricos de velocidad normalizada. Estas bombas se suelen montar horizontales, pero también pueden estar verticales y para alcanzar mayores alturas se fabrican disponiendo varios rodetes sucesivos en un mismo cuerpo de bomba. De esta forma se acumulan las presiones parciales que ofrecen cada uno de ellos. En este caso se habla de bomba multifásica o multietapa, pudiéndose lograr de este modo alturas del orden de los 1200 metros para sistemas de alimentación de calderas.

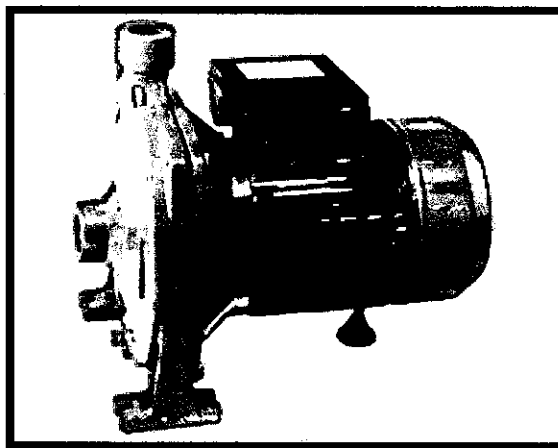
Constituyen no menos del 80% de la producción mundial de bombas, porque es la más adecuada para mover más cantidad de líquido que la bomba de desplazamiento positivo.

No hay válvulas en las bombas de tipo centrífugo; el flujo es uniforme y libre de impulsos de baja frecuencia.

Los impulsores convencionales de bombas centrífugas se limitan a velocidades en el orden de 60 m/s (200 pie/s).

La electrobomba centrífuga de 3HP marca GAMMA dentro de sus características son:

- Capacidad máxima de extracción de agua son 6m.
- Provista con una turbina de bronce.
- Son aptas para conexiones de 1 pulgada.
- Conexión a la red eléctrica 220V 50Hz.
- Óptimo para elevación y extracción de agua.



*Figura 4.2.9.1: Electrobomba GAMMA 3HP.*

#### 4.2.9.2 Conexión de la tarjeta principal a la electrobomba

En la tarjeta de control del variador consiste en 1 relés cuya orden sale del microcontrolador maestro, la salida del rele sale a una línea de suministro de energía de la electrobomba como se muestra en la figura 4.2.9.5.

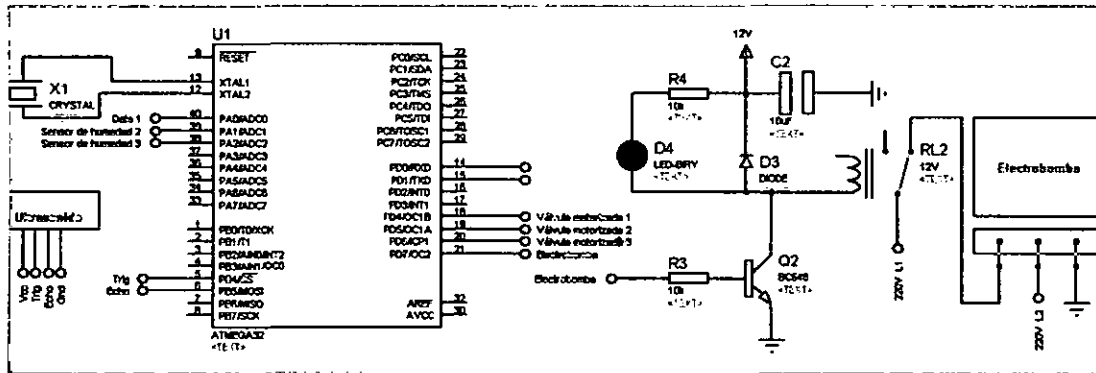


Figura 4.2.9.5: Electrobomba conectada a tarjeta maestra.

#### 4.2.9.3 Hardware de control de electrobomba y válvulas motorizadas

En el siguiente esquema se aprecia el diseño de un control con relé, la entrada denominada control se conecta a la salida de un pin del microcontrolador maestro, el relé tendrá la función de energizar la electrobomba o válvula motorizadas ya propuestas, detalle en la figura 4.2.10.1.

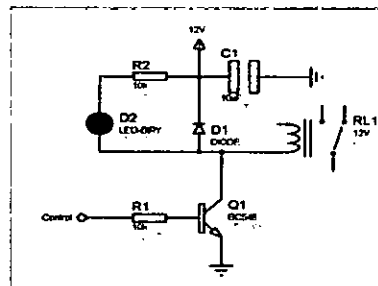


Figura 4.2.10.1: Control de electrobomba y válvula motorizada.



## **4.3 DISEÑO DEL SOFTWARE DEL SISTEMA**

### **4.3.1 Lenguajes de programación**

#### **4.3.1.1 BASIC**

El BASIC es un lenguaje de programación que se creó con fines pedagógicos, era el lenguaje que utilizan las microcomputadoras de los años 80. Actualmente sigue siendo muy conocido y tienen muchísimos dialectos muy diferentes al original.

Los creadores del BASIC fueron John Goerge Kemeny y Thomas Eugene Kurtz en el año 1964. Fue inventado para permitir a los estudiantes escribir programas usando terminales de computador de tiempo compartido. Con el BASIC se quiso hacer un lenguaje de programación mucho más sencillo que los que existían por aquel entonces.

Los principios que originaron la creación del BASIC eran: que fuese fácil de usar por todos, crear un lenguaje de programación de propósito general, que se le pudiese incorporar características avanzadas y siguiese siendo de fácil uso para los principiantes, ser interactivo, que los mensajes de error fuesen claros, que respondiese rápidamente a los programas pequeños, que no fuese necesario tener conocimiento del hardware de la computadora, y que protegiese al usuario del sistema operativo.

El BASIC se basó otros dos lenguajes de programación el FORTRAN II y el Algol 60, haciéndolo apropiado para el uso del computador a tiempo compartido y para la aritmética de matrices.

Su nombre proviene de la expresión inglesa Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code (BASIC), que significa en español código de instrucciones simbólicas de propósito general para principiantes.

El BASIC es un lenguaje de programación muy amplio, con una sintaxis fácil, estructura sencilla y un buen conjunto de operadores. No es un lenguaje específico, potente, se aprende rápidamente, en poco tiempo cualquier usuario es capaz de utilizar casi la totalidad de su código.

Desventajas:

- Nunca se va a tener el control del programa en cuanto a tiempos de ejecución y control de registros bit a bit.
- Es muy complicado el manejo de interrupciones simultáneas en este lenguaje.
- Tiene limitaciones cuando genera el archivo .hex, es decir no optimiza el tamaño de memoria de programa del PIC.
- La mayoría de compiladores para este lenguaje pueden utilizarse únicamente bajo ambiente Windows.

#### 4.3.1.2 Programación Orientada a Objetos

Los tres pilares de la Programación Orientada a Objetos son:

- **Herencia:** Esta es la característica más importante de la POO. Según la propia documentación de Visual Studio .NET. La herencia permite crear nuevas clases a partir de clases existentes. La herencia puede simplificar el diseño de la aplicación proporcionando una estructura de relaciones entre las distintas clases. También admite la reutilización de código porque sólo se debe codificar el comportamiento de clases nuevas o distintas.
- **Encapsulación:** La encapsulación es la capacidad de contener y controlar el acceso a un grupo de elementos asociados. Las clases proporcionan una de las formas más comunes de encapsular elementos. Cuando usamos las clases, éstas tienen una serie de características (los datos que manipula) así como una serie de comportamientos (las acciones a realizar con esos datos). La encapsulación es esa capacidad de la clase de ocultarnos sus interioridades para que sólo veamos lo que tenemos que ver, sin tener que preocuparnos de cómo está codificada para que haga lo que hace, simplemente nos debe importar que es lo que hace.

- **Polimorfismo:** El polimorfismo se refiere a la posibilidad de definir múltiples clases con funcionalidad diferente, pero con métodos o propiedades denominados de forma idéntica, que pueden utilizarse de manera intercambiable mediante código cliente en tiempo de ejecución. Dicho de otra manera, puede tener múltiples clases que se pueden utilizar de forma intercambiable, si bien cada clase implementa las mismas propiedades o los mismos métodos de maneras diferentes. El polimorfismo es importante en la programación orientada a objetos puesto que permite usar elementos que tienen el mismo nombre, independientemente del tipo de objeto que se esté utilizando en ese momento.

### 4.3.3 Programa en Visual Studio 2010

#### 4.3.3.1 Diagrama de flujo del programa

El software se ha desarrollado en Visual Studio 2010, a continuación se muestra el diagrama de flujo en la figura 4.3.3.1 .

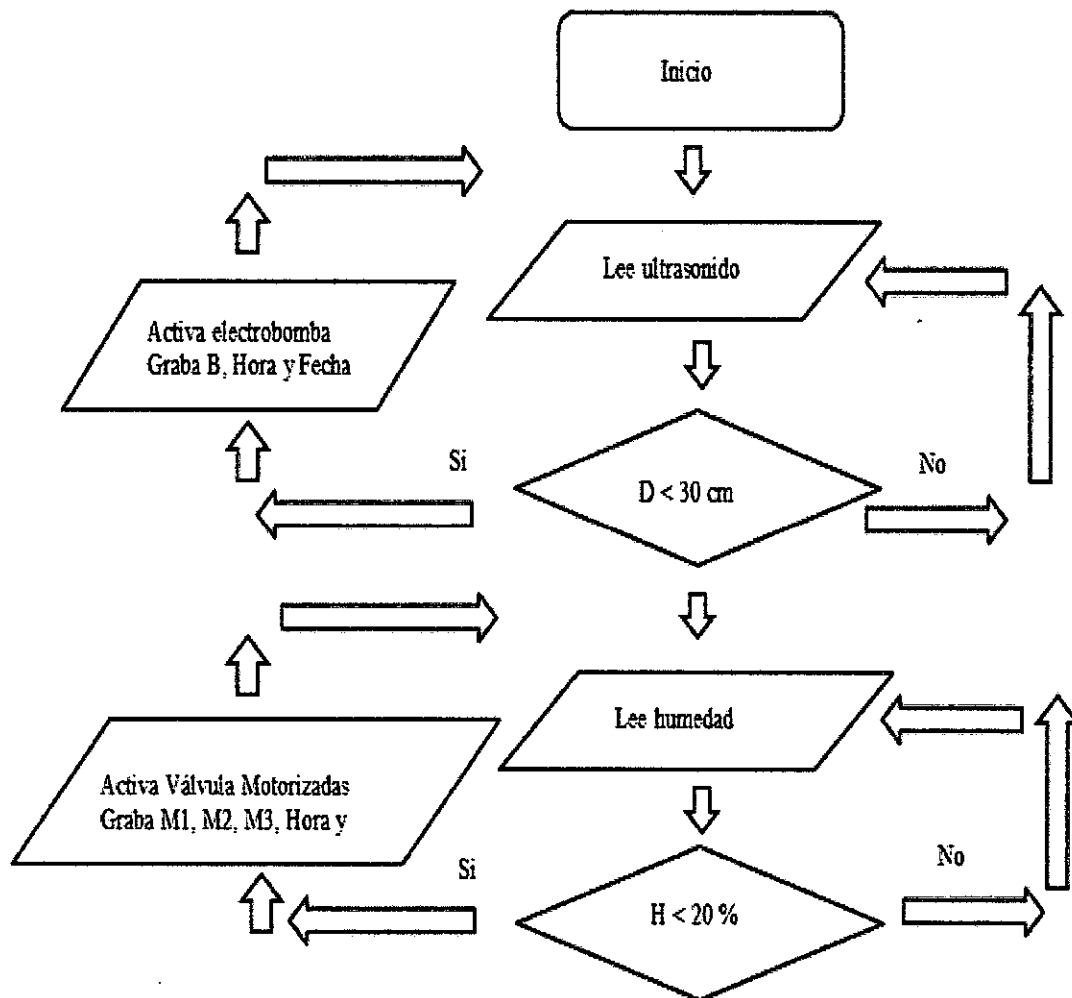


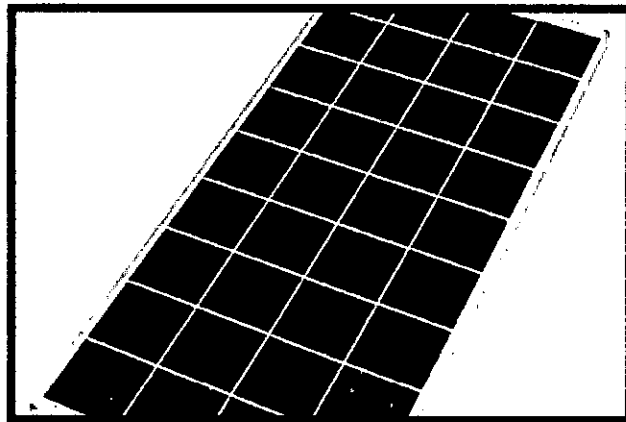
Figura 4.3.3.1: Diagrama de flujo del programa principal

## 4.4 ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA Y COMUNICACIÓN DE SENSORES

### 4.4.1 Alimentación del sistema

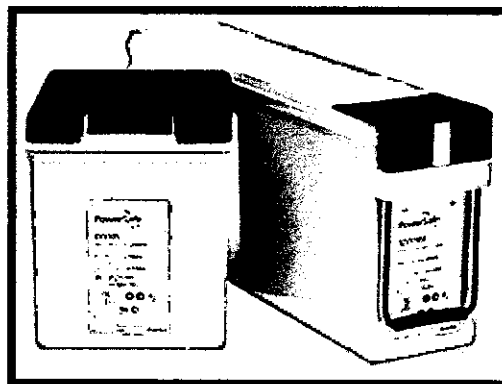
Si bien es claro la alimentación del sistema se puede dar por suministro eléctrico, hemos optado por un suministro alternativo como la anergia solar. Con una potencia de 100 watts.

- Panel solar de 100 watts: Panel solar aleman schott 100w.



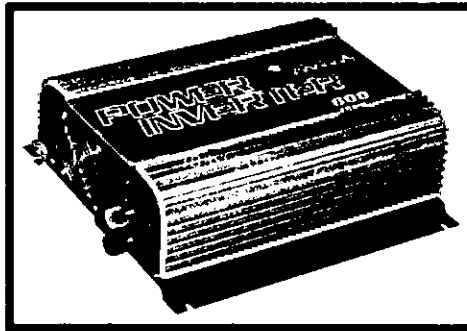
*Figura 4.4.1 (a): Panel solar.*

- Banco de baterías: Bateria alpha cell 100 ah.



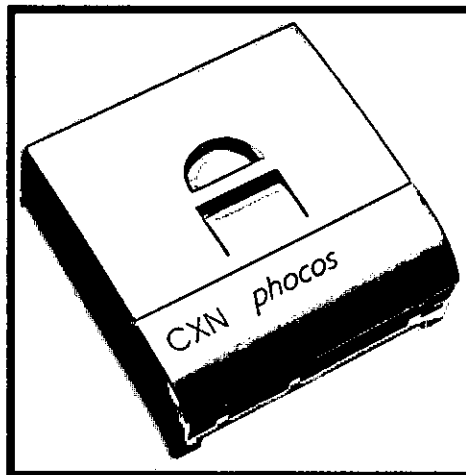
*Figura 4.4.1 (b): banco de baterías.*

- Inversor de corriente: Inversor 500 watts.



*Figura 4.4.1 (c): Inversor de corriente.*

- Regulador de corriente: Regulador de corriente de 10 A.



*Figura 4.4.1 (d): Regulador de corriente.*

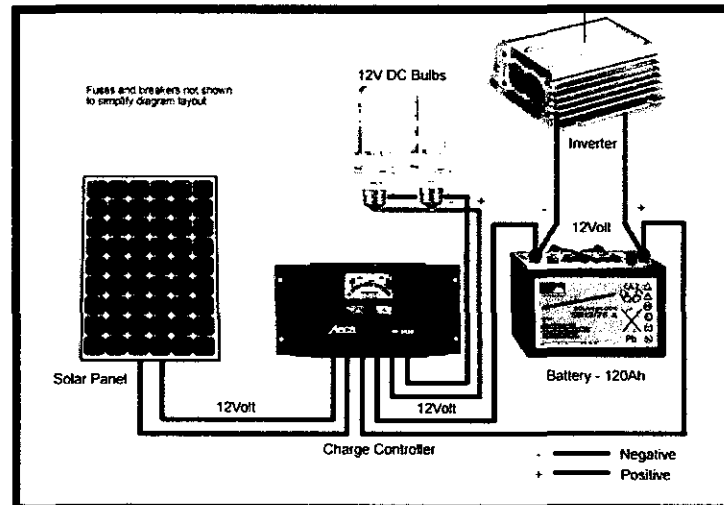


Figura 4.4.1 (e): Esquema de sistema de energía solar.

#### 4.4.2 Comunicación de sensores

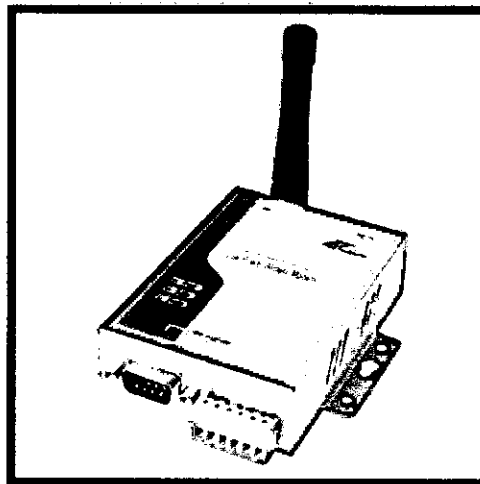
La referencia tomada para este proyecto es una hectárea ( $100 \times 100 \text{ m}^2$ ). por lo tanto hemos optado por una transmisión cumpliendo con el estándar RS485. El transmisor ATC-873 mini power wireless module, cubriendo una distancia de hasta 1000 metros en condiciones óptimas.

##### ATC-873

De transmisión inalámbrica, banda libre de 868 MHz, el módulo de transmisión digital ofrece estándar RS-232, RS-485 e interfaces UART nivel / TTL para la conexión directa con los ordenadores, del uso de RS-485 equipos, SCM u otras piezas UART. ATC-873 ha adoptado media canal de comunicación dúplex más adecuado para el punto a modo de comunicación multipunto.



La estación principal toma el control total de la comunicación armonía, y adopta tramas de datos con códigos de dirección de datos o de mando de transmisión. La estación secundaria recibirá totalmente de ellos y seleccionará la respuesta mediante la comparación de códigos de dirección; todo el trabajo se cumplirá por los protocolos de capa superior, que se asegurará de que sólo un módulo inalámbrico en la red de comunicación está en el estado de transmisión en cualquier instante para evitar la interferencia mutua. Por lo tanto, el canal de transmisión construido por ATC-873 es transparente para el usuario. ATC-873 también se puede aplicar a comunicación punto a punto, por lo que es más fácil y sin problemas de actualización de alambre (RS232 / TTL / 485) en modo de transmisión de sistema original.



*Figura 4.4.2: Transmisor ATC-873.*

## **CAPITULO V**

# **ANÁLISIS Y VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS**

## **5.1 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN**

Este proyecto se diseña para tratar en gran medida contrarrestar la pérdida de agua por el uso de agua por el método de riego, ya que el actual método de riego tecnificado por goteo.

La teoría agrícola una plantación jamás debe estar con un suelo seco, debe permanecer húmedo siempre, basado en este principio es que hemos instalado el riego tecnificado el cual aún es accionado por una persona para mantener húmedo el suelo todos los días.

Hemos propuesto al fundo automatizar el riego tecnificado para que así el accionamiento del riego y el control de humedad se haga por un cerebro digital.

La propuesta con el proyecto es tener un terreno uniformemente húmedo y así obtener mejores resultados en cuanto a cosecha, para eso tendremos en cuenta el presupuesto del proyecto que se detalla a continuación:

Presupuesto aproximado de la automatización de riego tecnificado			
Costos			
Materiales	Precio Unitario	Cantidad	Total
Válvula motorizada 2"	2528.5	3	7 585.50
Tarjeta cerebro	450	1	450
Tarjeta de potencia	300	1	300
Sensores de humedad	50	4	200
sistema de alimentación con energía solar	1800	1	1 800
Programación	3000	1	3 000
Sub total			S/. 13 335.50
IGV			S/. 2 400.39
Total			S/.15 735.89

*Tabla 5.1.1: Presupuesto aproximado de la automatización del sistema de riego.*

El costo aproximado de la instalación del proyecto es de 15 mil soles, de lo que se concluye y se garantiza que al tener una humedad continua y uniforme en el campo de cultivo nos dará mayor cantidad de frutos para la cosecha con lo cual se piensa recuperar la inversión en un aproximadamente 3 años.

## **CAPITULO VI**

## **RESULTADOS**

## 6.1 RESULTADOS DEL PROCESO

### 6.1.1 SIMULACIÓN DEL PROCESO

Se tomado la simulación del proceso de control de la electrobomba, considerando las similitudes con el proceso de control de las válvulas motorizadas, el cual dependerá de los datos obtenidos de los sensores de humedad y ultrasonido.

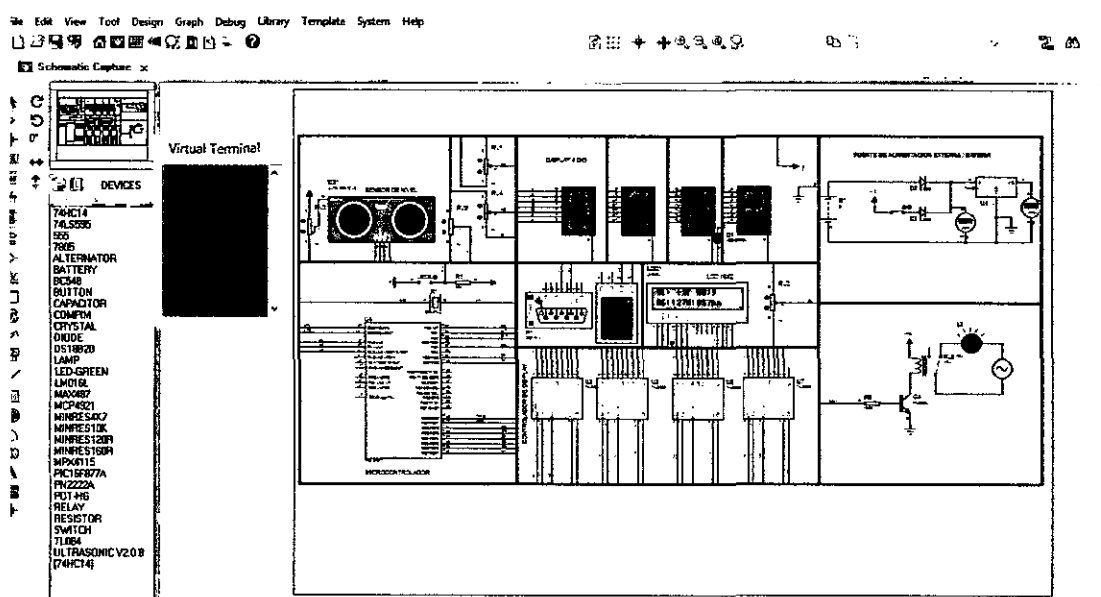


Figura 6.1.1: Simulación del proceso de control para accionar la electrobomba.

### 6.1.2 Esquemático de los relés de control

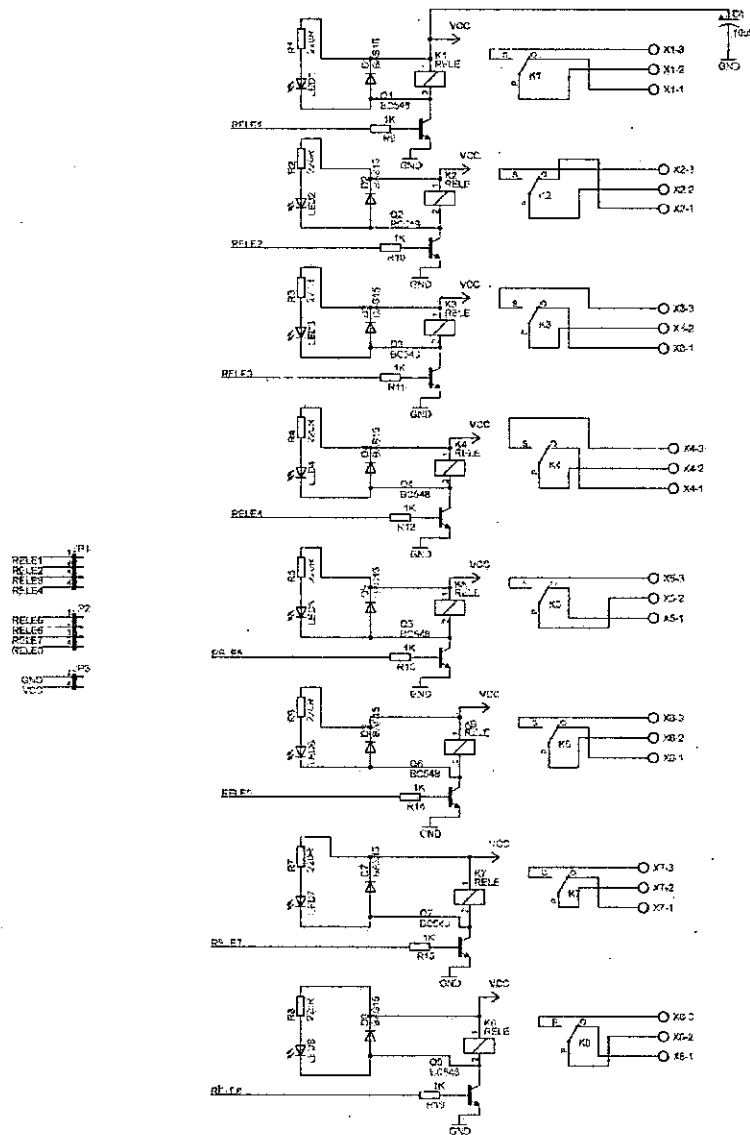


Figura 6.1.2: Esquemático de los relés de control.





## 6.1.5 Pantallazo del Scada

### Pantalla principal de programa

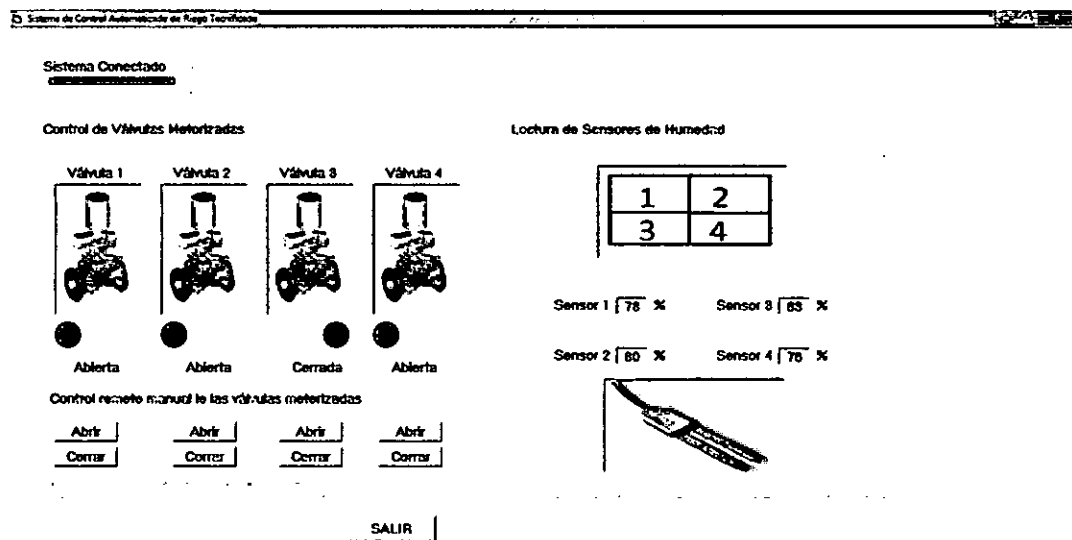


Figura 6.1.5: Vista del software de visualización y control remoto del sistema.

## RECOMENDACIONES

- Este proyecto para su óptimo funcionamiento se recomienda un lugar que tenga su respectivo suministro eléctrico así como también las medidas de seguridad, para prevenir cualquier accidente en el proceso.
- Recomendamos un sistema de desactivación en caso de suceder cualquier incidente en el proceso.
- Recomendamos en su mayoría el uso de software libre para la ejecución del sistema, de ser necesario algún software particular debemos conseguir su licencia de manera legal, y así no tener inconveniente con alguna entidad fiscalizadora.
- Se recomienda de forma obligatoria una capacitación sobre el funcionamiento y manejo del sistema.
- Se recomienda el uso de señalizaciones en el tema de seguridad tales como: señalizaciones de pozo a tierra, extintores, etc.
- En sistemas de goteo, las obstrucciones se deben principalmente a sólidos en suspensión (arenas, limos, arcillas). Estos son controlados con la instalación de filtros de malla, anillas o arena. La obstrucción por algas, hongos y microorganismos es controlada con hipoclorito de sodio.

## ANEXO

Código de la programación del sensor de nivel simulada en proteus.

```

;=====
;
; Main.asm file generated by New Project wizard
;
; Created: mié ago 12 2015
; Processor: PIC16F877A
; Compiler: MPASM (Proteus)
;=====
;=====
;=====
; DEFINITIONS
;=====
;=====
#include p16f877a.inc ; Include register definition file
;=====
;=====
; VARIABLES
;=====
;=====
;=====
; RESET and INTERRUPT VECTORS
;=====
;=====

```

```
    ; Reset Vector  
RST    code 0x0  
    goto Start
```

```
=====
```

```
; CODE SEGMENT
```

```
=====
```

```
PGM    code
```

```
Start
```

```
    ; Write your code here
```

```
Loop
```

```
    goto Loop
```

```
=====
```

```
END
```

## CONCLUSIONES

- Se concluye que el proyecto es viable y realizable ya que se han detallado y diseñado todos los componentes para una posible implementación.
- Con este proyecto se intenta disminuir la pérdida de agua por hectárea de cultivo, ya que se está gestionando de forma automatizada el riego.
- El microcontrolador ATmega32 es un integrado de altas prestaciones robusto y muy flexible en cuanto a la programación al igual que el microcontrolador 16F628.
- Con el uso de software de simulación como Proteus, se logra tener una perspectiva previa completa del proyecto, esto es muy importante para considerar materiales y tiempos de implementación.
- Una vez al año desmontado y verificado el correcto funcionamiento de las válvulas. Se verifico sus empaquetaduras y su cierre correcto. Así no presentara pérdidas de agua

## BIBLIOGRAFÍA

Israelsen-Hansen:

Principios y aplicaciones de riego.

Agustín Merea:

El IICA y el riego en américa latina y el caribe.

Ing. M.sc. José M. Lecaros Barragán:

Riego por goteo. Manual de diseño para sistemas de riego tecnificado.

RASHID, Muhammad H.:

2004 “Electrónica de potencia “.Primera Edición. Madrid Prentice Hall.

Boylestad, Robert L. Nashelsky,Louis

2003 “Teoría de circuitos y Dispositivos electrónicos”. Publicado por  
Pearson educación.

Carranza Noriega ,Raymundo

(2001).automatización: Tópicos de instrumentación de control .lima Pontifica  
universidad católica del Perú .Dirección académica de investigación.